

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE

SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍA DE LA MADERA



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

TESIS

**ESTUDIO QUÍMICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA MADERA DE  
*Mangifera indica L. (Mango criollo)***

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA DE LA MADERA

PRESENTA:

**ING. MARÍA ISABEL BÁEZ TERESA**

DIRECTORA DE TESIS:

**DRA. LADA DOMRATCHEVA LVOVA**

ASESORES:

**DRA. NELLY FLORES RAMÍREZ**

**DR. RAFAEL HERRERA BUCIO**

MORELIA, MICH. AGOSTO DE 2009

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo financiero del proyecto de Dra. Lada Domratcheva Lvova en el marco de cual se realizo este trabajo
- ❖ Se agradece a COECYT del Estado de Michoacán por el apoyo financiero del proyecto de Dra. Lada Domratcheva Lvova en el marco de cual se realizo este trabajo
- ❖ Se agradece a CONACYT proyecto CB-2007/79795 financiado a Dra. Lada Domratcheva Lvova
- ❖ Se agradece a CONACYT proyecto CB-2007/84601 financiado a Dra. Nelly Flores Ramírez

# ÍNDICE

## ESTUDIO QUÍMICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA MADERA DE *Mangifera indica* L. (Mango criollo)

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. HIPÓTESIS	4
4. JUSTIFICACIÓN	4
5. ANTECEDENTES	5
6. GENERALIDADES DE LA ESPECIE	9
7. METODOLOGÍA	14
7.1 Área de colecta	14
7.2 Preparación de material	16
7.3 Astillado	16
7.4 Determinación del contenido de humedad	17
7.5 Extracción a reflujo	18
7.6 Separación con solventes orgánicos	18
7.7 Cromatografía de capa fina	19
7.8 Análisis instrumental de los extractos	19
7.8.1 Espectrometría de masas acoplado a cromatografía de gases	19
7.8.2 Espectroscopia de Infrarrojo por transformada de Fourier	20
7.8.3 Espectroscopia de resonancia magnética nuclear	21

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
8.1 Determinación del contenido de humedad	22
8.2 Extracción a reflujo	22
8.3 Separación con solventes orgánicos	23
8.4 Cromatografía de capa fina	28
8.5 Análisis instrumental de los extractos	28
8.5.1 Espectrometría de masas acoplado a cromatografía de gases	28
8.5.2 Espectroscopia de Infrarrojo por transformada de Fourier	38
8.5.3 Espectroscopia de resonancia magnética nuclear	52
9. CONCLUSIONES	53
10. BIBLIOGRAFÍA	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas	
Fig.1	Árbol de <i>Mangifera indica</i> : a) follaje; b) tronco	10
Fig.2	Corteza de <i>Mangifera indica</i> L.	10
Fig.3	La madera de <i>Mangifera indica</i> L.	11
Fig.4	Hojas de <i>Mangifera indica</i> L.	11
Fig.5	Inflorescencia de <i>Mangifera indica</i> L.	12
Fig.6	Flor de <i>Mangifera indica</i> L.	12
Fig.7	Racimo de frutos de <i>Mangifera india</i> L.	13
Fig.8	Semillas de <i>Mangifera indica</i> L	13
Fig.9	Ubicación del Municipio de Buenavista Tomatlán	14
Fig.10	Localidad donde se colecto el árbol de <i>Mangifera indica</i> L.	15
Fig.11	Escuela primaria "Constitución de 1917"	15
Fig.12	Troceo.	16
Fig.13	Astillado y molienda	17
Fig.14	Extracción a reflujo	18
Fig.15	Separación con diferentes solventes	19
Fig.16	Espectrómetro de masa acoplado a cromatografo de gases	20
Fig.17	Equipo de espectroscopia de infrarrojo	21
Fig.18	Gráfica de la cromatografía de gases del extracto de éter dietilico de la corteza	30
Fig.19	Gráfica de espectrometría de masas del extracto de éter dietilico de la corteza	31
Fig.20	Gráfica del cromatografía de gases la fraccion de eter dietilico de la duramen	32

Fig.21	Gráfica de espectrometría de masas de la fracción de éter dietílico del duramen	33
Fig.22	Gráfica del cromatografía de gases la fracción del agua de corteza	34
Fig.23	Gráfica de espectrometría de masas del extracto de agua de la corteza	35
Fig.24	Gráfica del cromatografía de gases del extracto hexánico de corteza	36
Fig.25	Gráfica de espectrometría de masas del extracto hexánico de la corteza	37
Fig.26	FT-IR de la fracción separada con hexano corteza	40
Fig.27	FTIR de extracto hexánico de la duramen	41
Fig.28	FT-IR de la fracción separada con éter dietílico de corteza	42
Fig.29	FT-IR de la fracción separada con éter dietílico del duramen	43
Fig.30	FT-IR de la fracción separada con acetato de etilo de corteza	44
Fig.31	FTIR de extracto de acetato de etilo de duramen	45
Fig.32	FT-IR de la fracción separada con butanol de corteza	47
Fig.33	FT-IR del extracto de duramen separada con butanol duramen	48
Fig.34	FT-IR de la fracción resultante de la solución acuosa de corteza después de la separación con los solventes	49
Fig.35	FT-IR de la fracción resultante de la solución acuosa de duramen después de la separación con los solventes	50

Fig.36 Gráfica de resonancia magnético nuclear de hidrogeno del extracto hexanico de albura

52

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Componentes del Vimang	8
Tabla 2. Contenido de humedad.	22
Tabla 3. Cantidad y porcentaje de extraíbles en diferentes partes de la troza.	23
Tabla 4. Cantidad y porcentaje de extraíbles en solventes orgánicos en las diferentes partes de la troza. En la extracción de una hora	25
Tabla 5. Cantidad y porcentaje de extraíbles en solventes orgánicos en las diferentes partes de la troza. En la extracción de cuatro horas	26

## RESUMEN

*Mangifera indica* L. se cultiva en todos los trópicos y subtropicos del mundo. Se sabe del uso etnomedicinal de las infusiones de las hojas del mango, de la semilla, de las raíces, así como de la corteza. En Cuba se ha utilizado extensivamente el extracto acuoso de la corteza para mejorar la calidad de vida de los enfermos con cáncer, diabetes, asma, infertilidad, lupus, prostatitis, hiperplasia prostática, desórdenes gástricos, dolores bucales, y dolor del diente, como las enfermedades más frecuentes. Se hizo el estudio químico del extracto acuoso de dos zonas de madera (albura y duramen) y de corteza de mango, la separación con diferentes solventes orgánicos (hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol) y análisis de las fracciones a través de cromatografía en capa fina, RMN e IR y cromatografía de gases acoplada a masas. El árbol de *Mangifera indica* L. plenamente identificado se colectó en la comunidad de la Huina municipio de Buenavista Michoacán, se separó por zonas (albura, duramen y corteza), se astilló y posteriormente se hizo la molienda y clasificación de la harina obtenida. Se determinó el contenido de humedad de la corteza, albura y duramen de la madera. Se hizo la extracción a reflujo con agua de cada una de las zonas durante una y cuatro horas, obteniendo una solución acuosa de la cual se determinó el porcentaje de extraíbles. Se realizó la separación de la solución acuosa con solventes orgánicos de polaridad creciente: hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol. Se determinó la cantidad y porcentaje de extraíbles en solventes orgánicos en duramen, albura y corteza de *Mangifera indica* L. Se hizo cromatografía en capa fina de fracciones obtenidas. Se analizaron fracciones obtenidas con GC-MS, FTIR y NMR de hidrogeno. Se considera que en el extracto hexánico de la corteza y de duramen están presentes ácidos grasos como tetradecanoico, oleico, hexadecanoico, octadecanoico, lignocérico o tetracosanoico y eicosanoico (La presencia de los últimos dos ácidos en la madera de *Mangifera indica* L. esta reportándose por primera vez en este trabajo) y aceites esenciales como son  $\beta$ -elemeno, aromandreno, hinesol, ledol, además de  $\beta$ -eudesmol y  $\alpha$ -guaiano, en donde se puede advertir que la presencia de sesquiterpenoides es mayor que los compuestos oxigenados. En la fracción butanólica de duramen y en las fracciones acuosas de corteza y de duramen se propone la presencia de morina. (La presencia de morina en la madera de *Mangifera indica* L. esta reportándose por primera vez en este trabajo). En fracción etérea de corteza se considera que esta presente el beta-caroteno. (La presencia de beta-caroteno en la madera de *Mangifera indica* L. no fue reportada por otros autores). En extracto butanólico de la corteza se considera posible presencia de los ésteres: metil éster de ácido gálico, propil éster de ácido gálico, propil éster de ácido benzoico, lo cual se confirmó por espectroscopía de masas y por FTIR. Basado en la espectroscopía de masas y de FTIR se puede afirmar que en la fracción etérea se encuentran varias flavonas altamente metoxiladas, dihidroxiflavonoles, así como en la fracción de agua también flavonas, flavonoles, dihidroxiflavonoles.

# 1. INTRODUCCIÓN

*Mangifera indica* L. (mango criollo) es nativo del noroeste de la India, Laderas del Himalaya y Sri Lanka, de donde se ha distribuido al sureste de Asia y el Archipiélago Malayo. En la actualidad se cultiva en todos los trópicos y subtropicos del mundo. A nivel mundial su aprovechamiento se ha centrado únicamente en la producción del fruto, hasta que decae su calidad después de varios años de producción. Ante esta situación los huertos son derribados para sustituirlos por otros árboles frutales o simplemente por pastizales para el ganado. La madera es malbaratada y usada localmente para leña, algunas artesanías sin darle el valor merecido a la madera o simplemente es quemada después del derivó (Báez 2006).

La superficie cosechada de mango en México es aproximadamente de 181 mil hectáreas y en el estado de Michoacán se cuenta con 25 mil hectáreas plantadas (Sagarpa 2007).

Los extractos de las hojas, semilla, pulpa de la fruta, raíces y de la corteza del mango son usados con propósitos etnomedicinales en forma de extracto acuoso, como suplemento adicional a tratamiento de las siguientes enfermedades: cáncer, diabetes, asma, infertilidad, lupus, prostatitis, hiperplasia prostática, desórdenes gástricos, y dolor del molar (Núñez 2005).

En Cuba se ha patentado un fármaco (Vimang) hecho en base de corteza mango, del cual se han hecho numerosas pruebas clínicas (Garrido et al 2004).

En nuestro país también hay varias investigaciones sobre propiedades medicinales de los compuestos obtenidos de diferentes plantas (Urquiza 1992, Romo 2006), pero no hay suficientes investigaciones sobre los extractos y los compuestos obtenidos como sus propiedades de *Mangifera indica* L.

Los resultados de estudios de otros países de extractos de *Mangifera indica* L. pueden aplicarse a mangos de nuestra región solamente en parte, porque es conocido que la composición química de la madera depende mucho de suelo, clima, condiciones de crecimiento, etc. (Romo 2006).

Lo anterior muestra la necesidad de hacer estudios sobre la composición química de la madera de mango. El propósito de este trabajo fue obtener extractos acuosos de la madera de *Mangifera indica* L., separarlos con diferentes solventes orgánicos y analizar las fracciones a través de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masa, Espectrometría de Infrarrojo así como Resonancia Magnética Nuclear. Con esto se trata de determinar la presencia de compuestos individuales, identificados por investigadores de otros países para *Mangifera indica* L. en sus lugares de origen, así como identificar los posibles compuestos distintos a los reportados, y hacer diferentes análisis de los extractos obtenidos y/o de compuestos; dar a conocer y divulgar los resultados de la investigación para futuros estudios de las posibles propiedades farmacológicas de los compuestos extraídos de la madera de mango, que ayudaría al desarrollo sustentable del estado de Michoacán.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Estudiar la composición química del extracto acuoso de la madera de *Mangifera indica* L. (mango criollo), con la finalidad de contribuir al conocimiento científico de la especie.

### 2.2 Objetivos particulares

- Obtener extractos acuosos de corteza, albura y duramen.
- Obtener fracciones del extracto acuoso por separación de la solución acuosa con hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol.
- Analizar fracciones obtenidas con cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, Espectroscopia de FTIR, Resonancia Magnética Nuclear
- Realizar el escrutinio de algunos compuestos presentes en los extractos.

### **3. HIPÓTESIS**

La madera y la corteza de *Mangifera Indica* L. procedente de Estado de Michoacán pueden contener la mayoría de los compuestos reportados en las especies de Cuba y de otros países y también puede contener los compuestos distintos por la diferencia de condiciones climáticas y suelos.

### **4. JUSTIFICACIÓN**

En México hay escasas investigaciones sobre química de *Mangifera indica* L., y no hay información sobre la química de la especie en el Estado de Michoacán. Por esto es muy importante la investigación sobre la composición química de la madera de mango de nuestro estado, y particularmente de extracto acuoso, porque según algunos autores extranjeros, es donde está presente una gran parte de extraíbles. Esto podría ser la primera fase de estudios más amplios de la composición química de la madera de mango del estado de Michoacán, promoviendo la base de proyectos multidisciplinarios para comprobar posibles propiedades farmacológicas de compuestos extraídos, los cuales en caso de comprobarse podrían contribuir al desarrollo regional.

## 5. ANTECEDENTES

En los cultivos de mango la atención está centrada únicamente en la producción de frutos, después de termino de periodo de explotación comercial los huertos son derribados, la madera es malbaratada o quemada y son cambiados por otros frutales tales como limón, toronja, etc. o simplemente se cambia por pastizales para el ganado (Báez 2006).

México ocupa el tercer lugar en la producción de mango después de Tailandia. Sin embargo en la exportación de la fruta fresca México ocupa el primer lugar. La superficie cosechada de mango en México es alrededor de 181 mil hectáreas. El estado de Michoacán ocupa el primer lugar en la producción de mango para exportación (Sagarpa 2007). El área de producción de mango en el estado se localiza en 13 municipios: Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Múgica, Parácuaro, Apatzingán, Buenavista Tomatlán, Tepalcatepec, Lázaro Cárdenas, San Lucas, Taretan, La Huacana, Coahuayana y Aquila (Promafrut 2008).

La utilización de plantas medicinales como recurso para solucionar problemas de salud se conoce desde tiempos remotos y aún en la actualidad las plantas son una fuente importante de medicamentos, lo que justifica ampliamente la investigación en esta rama de la ciencia (Urquiza 1992).

El uso popular del extracto acuoso de las diferentes partes de *Mangifera indica* L. es muy amplio, se ha utilizado en el tratamiento de la escabiosis, la sífilis, la diabetes, la anemia, las diarreas y las infecciones cutáneas y se le reconocen además, propiedades analgésicas y espasmodíticas (Guevara 2004).

También se ha reportado el uso en medicina natural del extracto acuoso de las diferentes partes de *Mangifera indica* L., para el tratamiento cervicitis, polineuropatías y hemorroides, según lo publicado en la base de datos NAPRALERT de la Universidad de Illinois, 1996 (Lemus et al 2006).

La corteza ha sido utilizada como febrífuga. Con los frutos verdes, pero ya pintoneando, se prepara un dulce bastante agradable, pero que sabe un poco a trementina, el cual es bastante útil para las enfermedades por debilidad o atonía de los órganos gastrointestinales.

Con las semillas o almendras contenidas en los huesos de los mangos maduros se hace un jarabe muy popular para curar las disenterías y las diarreas crónicas y rebeldes. Las semillas son, además, consideradas como antihelmínticas o vermífugas.

Con las hojas del mango se hace un cocimiento para el asma, que se toma caliente al acostarse. Se asegura que el fruto es bueno para el estreñimiento, y que la resina es útil contra las quebraduras al aplicarla sobre el vientre y contra la bronquitis, sobre el pecho. La cáscara del mango es usada en infusión contra catarros, en dolores de muelas y para lavar las heridas infectadas (Lemus et al 2006).

En otros países, como Cuba, India, Nigeria, Tailandia hay muchas investigaciones sobre diferentes usos de extractos de madera, corteza, hojas y semillas de mango (*Mangifera indica*) para fines medicinales. El contenido y cantidad de los compuestos de extractos de plantas varían mucho dependiendo de su lugar de recolecta-clima, suelo y etc. (Romo 2006). Hay muchos trabajos de investigación sobre propiedades antioxidantes y compuestos extraídos de mango con propiedades medicinales en otros países (Garrido et al 2004, Makore et al 2001, Arogba 2000, Parotta 2007, García et al 2001, Martínez et al 2000, García et al 2002, Yoosook et al 2000, Sánchez 2000, Awe et al 1998, Puravankara et al 2000).

El extracto sólido crudo se ha estandarizado en Cuba en la escala industrial en términos del pH, de la solubilidad, del color (colorimetría), del contenido de los polifenoles (espectroscopia, UV ultravioletas), y del contenido del Mangiferina (cromatografía líquida de alto rendimiento) para el uso subsecuente como principio activo crudo en la formulación del Vimang en la nutriología, cosmetología, y fitofarmacología (Núñez 2005).

En la actualidad se estudia el extracto de la corteza de *Mangifera indica* L, por ser antioxidante y contener flavonoides, taninos y microelementos como el hierro (Fe), selenio (Se), cobre (Cu) y zinc (Zn), que tienen acciones sobre algunas neoplasias, polineurismas, psoriasis, etc. (García et al 2000)

En Cuba se ha patentado un fármaco (Vimang) del cual se han hecho numerosas pruebas clínicas (Garrido et al 2004)

En la Tabla 1. Se muestra la composición del ingrediente activo del extracto de la corteza del árbol del mango (*Mangifera indica* L) utilizada en los productos Vimang. (Lemus et al 2006)

Tabla 1. Componentes del Vimang

Componente	Porcentaje
<b>1. Polifenoles</b>	<b>40 – 60</b>
1.1 Mangiferina	25 – 30
1.2 (+) Catequiza	7 – 10
1.3 (-) Epicatequina	4 – 7
1.4 Acido gálico, propil éster	2 – 5
1.5 Acido gálico, metil éster	2 – 5
1.6 Acido benzoico, propil éster	2 – 5
1.7 Acido 3,4- dihidroxibenzoico	1 – 3
1.8 Acido benzoico	1 – 2
1.9 Acido gálico	1 – 2
<b>2. Terpenoides</b>	<b>10 – 20</b>
2.1 Acido mangiferónico	10 – 15
2.2 Beta-elemeno	2 – 5
2.3 <i>Alfa- guaieno</i>	2 – 5
2.4 Aromandreno	2 – 5
2.5 Hinesol	1 – 3
2.6 Cicloartanoles	1 – 3
2.7 Ledol	1 – 2
2.8 Taraxerol	1 – 2
<b>3. Azúcares</b>	<b>3 – 6</b>
3.1 Galactosa	2 – 5
3.2 Glucosa	1 – 3
3.3 Arabinosa	1 – 3
<b>4. Polialcoholes</b>	<b>2 – 5</b>
4.1 Sorbitol	2 – 4
4.2 Mioinositol	1 – 2
4.3 Xilitol	0,5 – 1
<b>5. Acidos grasos</b>	<b>1 – 5</b>
5.1 Mirístico	0,1 – 3,0
5.2 Palmítico	0,3 – 0,4
5.3 Linoleico	0,15 – 0,35
5.4 Oleico	0,2 – 0,4
5.5 Esteárico	0,1 – 0,2
5.6 Eicosatrienoico	0,1 – 0,3
<b>6. Microelementos</b>	<b>1 – 3</b>
6.1 Potasio	0,8 – 1,0
6.2 Calcio	0,2 – 0,4
6.3 Magnesio	0,1 – 0,2
6.4 Hierro	0,1 – 0,2
6.5 Cobre	Menor de 0,01
6.6 Zinc	Menor de 0,01
6.7 Selenio	0,03 – 0,08

## 6. GENERALIDADES DE LA ESPECIE.

### 6.1 Clasificación de la especie

**Nombre científico:** *Mangifera indica* L

**Sinonimia:** *M. foetida*, *M. caloneura*, *M. altissima*, *M. salomonensis*, *M. mucronulata* (Richter y Dallwitz 2000)

**Nombres comunes:** mango, mango criollo (nombre más usado en la zona de recolección); machang, sepam, figured asam, asam (Malasia); mangga, mango (India) (Richter y Dallwitz 2000); en lenguas indígenas náhuatl: moncocuabitl (Ortega *et al* s/f).

#### Taxonomía (Cronquist 1981)

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
Superdivisión:	<i>Spermatophyta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Orden:	<i>Sapindales</i>
Familia:	<i>Anacardiácea</i>
Género:	<i>Mangifera</i>
Especie:	<i>Mangifera indica</i> L

### 6.2 Distribución

Nativo de los trópicos asiáticos, actualmente naturalizado en las regiones tropicales del mundo entero, desarrollándose mejor en altitudes que van de los 0 a 1200 msnm. A nivel mundial existen plantaciones comerciales por la importancia del fruto. (Benítez y Montesinos 1988). En México se tienen plantadas aproximadamente 181,000 hectáreas. La mayor parte de la superficie plantada se ubica en los estados de Veracruz, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Nayarit, Sinaloa y Chiapas. (SAGARPA, 2007)

## 6.3 Descripción del árbol

### 6.3.1 Forma

Árbol hasta 20 m de altura y de 0.70 m o más de 1m de diámetro a la altura de pecho (dap); su fuste es recto y cilíndrico, su ramificación es ascendente formando una copa densa y redondeada (Fors 1965, Benítez y Montesinos 1988, Niembro 1990, Cultivo de mango 2000) (Fig.1).

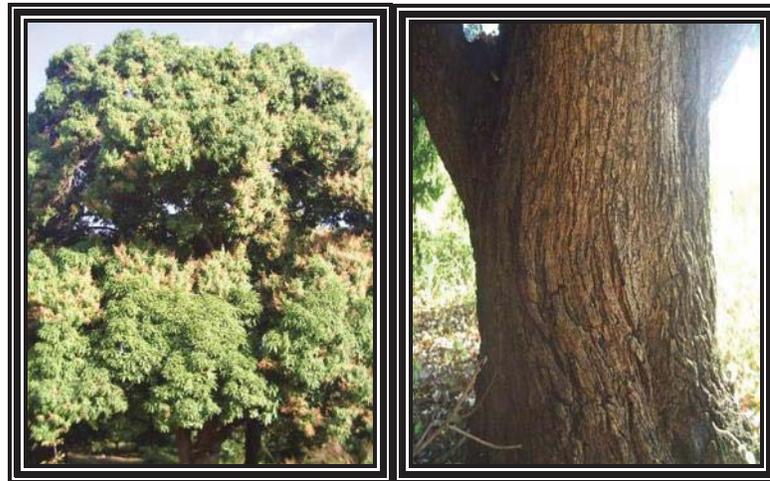


Fig. 1. Árbol de *Mangifera indica*: a) follaje; b) tronco

### 6.3.2 Corteza

La corteza es de color gris-café tiene grietas longitudinales o surcos reticulados poco profundos que a veces contienen gotitas de resina(Cultivos de mango 2000) (Fig.2).



Fig. 2. Corteza de *Mangifera indica* L.

### 6.3.3 Madera

La diferencia entre albura y duramen no siempre es definida, el color es amarillo dorado, castaño pálido a castaño rojizo, no presenta olor ni sabor característico, textura media, brillo alto y veteado pronunciado (Fors 1965, Benítez y Montesinos 1988) (Fig.3)

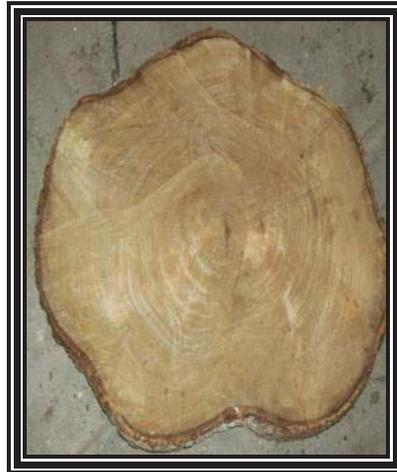


Fig.3. La madera de *Mangifera indica* L.

### 6.3.4 Hoja

Las hojas son alternas, espaciadas irregularmente a lo largo de las ramitas, de pecíolo largo o corto, oblongo lanceolado, coriáceo, liso en ambas superficies, de color verde oscuro brillante por arriba, verde – amarillento por abajo, de 10-40 cm de largo, de 2-10 cm de ancho (Cultivos de mango 2000) (Fig.4).

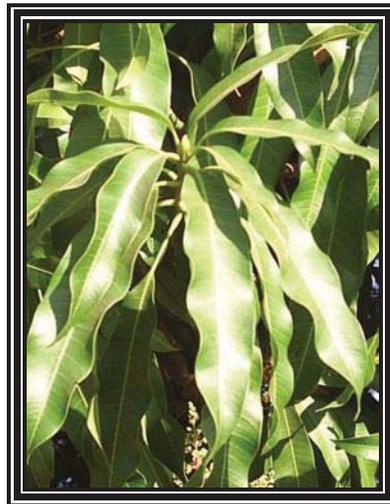


Fig. 4. Hojas de *Mangifera indica* L.

### 6.3.5 Inflorescencias

Son piramidales terminales de 6 - 40 cm de largo y de 3 – 25 cm de diámetro; las caquis son de color rosado o morado, algunas veces verde – amarillento (Cultivos de mango 2000) (Fig.5).

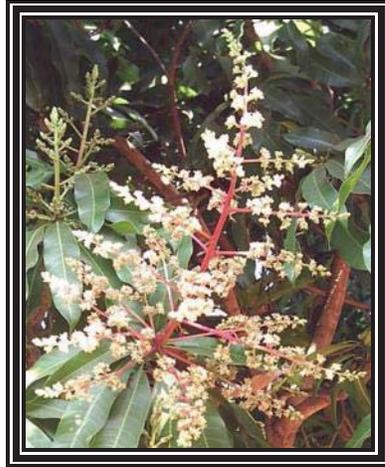


Fig. 5. Inflorescencia de *Mangifera indica* L.

### 6.3.6 Flor

Es polígama de tamaño pequeño, de 2 – 4 mm de largo y 5 – 7 mm de diámetro cuando están extendidas, color verde amarillento, se producen en la cima densa y en las últimas ramitas de las inflorescencias (Cultivos de mango 2000) (Fig. 6).



Fig.6. Flor de *Mangifera indica* L.

### 6.3.7 Fruto

Es una gran drupa carnosa que puede contener uno o más embriones, es variable en dimensiones, generalmente es ovoide – oblonga, de 4 – 25 cm de largo y 2-10 cm de grueso, con un peso que varía de los 0.15 Kg a 1.00 Kg de color verde, verde amarillento o naranja en la madures con algunas tonalidades rojas o violetas. La pulpa es de color amarilla o naranja jugosa y fibrosa (Cultivos de mango 2000) (Fig.7).



Fig. 7. Racimo de frutos de *Mangifera indica* L.

### 6.3.8 Semilla

Es ovoide, oblonga, alargada, estando recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la carne (Cultivos de mango) (Fig.10).



Fig. 8. Semilla de *Mangifera indica* L.

## 7 METODOLOGIA

### 7.1 Área de colecta y material de estudio

La especie utilizada en el presente trabajo se colectó en el municipio de Buenavista Tomatlan ubicado al occidente del país en la región de Tierra caliente del estado de Michoacán. El municipio de Buenavista Tomatlan limita el Norte con los municipios de Tancítaro y Peribán; al Este con el municipio de Apatzingán; al Sur con el municipio de Aguililla y al Oeste con el municipio de Tepalcatepec y el Estado de Jalisco. Las coordenadas geográficas son 19° 12' de latitud Norte y 102° 35' de longitud Oeste, representa el 1.35% del total del estado y el  $4.1 \times 10^{-5}$  % de la superficie del país, y se encuentra a una altura de 450 metros sobre el nivel de mar (Fig. 9, 10) (Enciclopedia 1999).

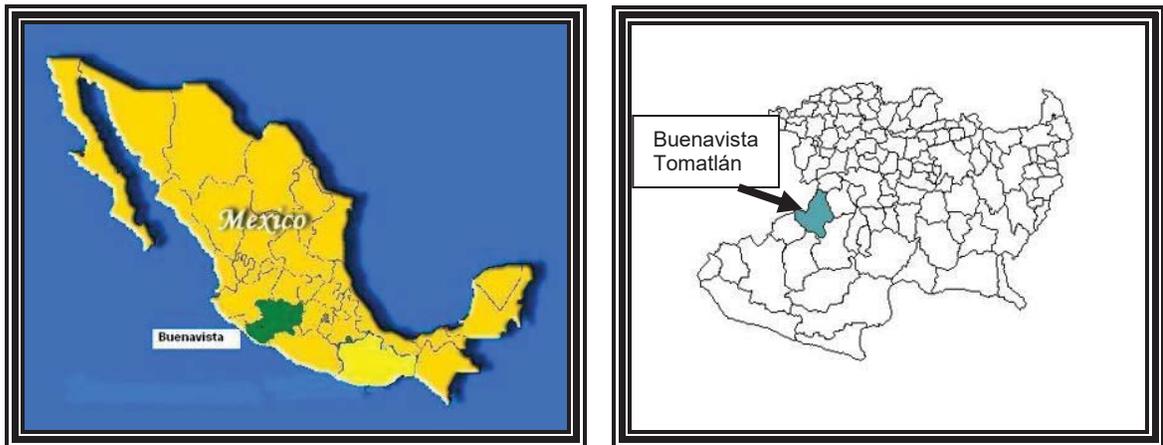


Fig. 9. Ubicación del Municipio de Buenavista Tomatlán

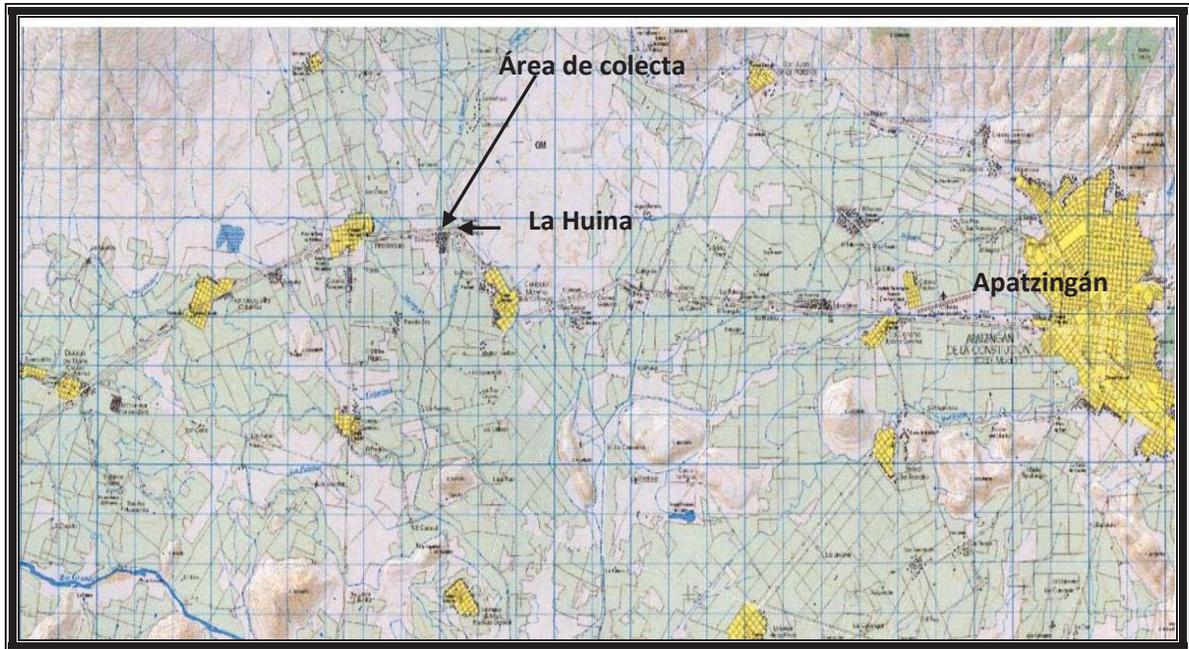


Fig. 10. Localidad donde se colectó el árbol de *Mangifera indica* L.

Se colectó un árbol *Mangifera indica* L. (mango criollo) plenamente identificado, de 9 metros de alto y 70 centímetros de diámetro a la altura del pecho (1.30 m), el cual fue donado por la escuela primaria “Constitución de 1917”, Fig.11 previamente identificado, en la localidad de la Huina Municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán, del cual se obtuvo el material de investigación. Derribado en febrero de 2008.



Fig. 11 Escuela primaria “Constitución de 1917”

## 7.2 Preparación del material de estudio.

El derribo del árbol se realizó dejando un tocón de 30 cm de la base del suelo, se busco la mejor dirección de caída con la finalidad de no dañar la infraestructura de la escuela ni arboles aledaños y al mismo tiempo facilitar el troceo (Fig.12.).



Fig.12 Troceo.

## 7.3 Astillado

El material destinado al análisis, previamente secado al aire libre, se sometió a un astillado con formón y martillo, esto con el fin de obtener astillas con dimensiones adecuadas, y se procedió a la molienda en un molino Willey de conformidad con la norma T257 om-85 de TAPPI (2000), hasta obtener harina de madera y después clasificar en tres diferentes tamaños de partículas usando una criba vibratoria mecánica marca ROTAP modelo Ra-29 serie 2240, con control de tiempo de operación. Se selecciono únicamente la harina de la malla 40 (Fig.13.).



Fig. 13. Astillado y molienda

#### 7.4 Determinación de contenido de humedad

Antes de comenzar el estudio químico se determinó el contenido de humedad. Pesando 2 gramos de la harina en un pesa filtros previamente tarado, de poca profundidad. Posteriormente se secó por dos horas en un horno con una temperatura de  $105 \pm 2$  grados y se enfrió en un desecador por aproximadamente 30 minutos, repitiendo sucesivamente en periodos de una hora, hasta llegar a un peso constante.

Este procedimiento se realizó con apego a la norma T264 om-97 (TAPPI 2000).

## 7.5 Extracción a reflujo

En tres matraces de balón con capacidad de 500 ml cada uno, se introdujeron 350 ml de agua destilada y 33.33g de harina de corteza por matraz(1g de harina por 10 ml de agua aproximadamente), con su respectiva repetición. Cada matraz se conectó a un refrigerante, este sistema o equipo se colocó sobre una placa de calentamiento como se muestra en la Figura 14; llegando a ebullición y manteniendo a reflujo durante una hora, después se dejó enfriar la solución acuosa, se filtro la harina a vacío y se lavó con 100 ml de agua destilada. Este mismo procedimiento se realizó para albura y duramen. También siguiendo con el mismo procedimiento y la misma cantidad de harina y agua se realizó un reflujo de cuatro horas en las mismas condiciones.

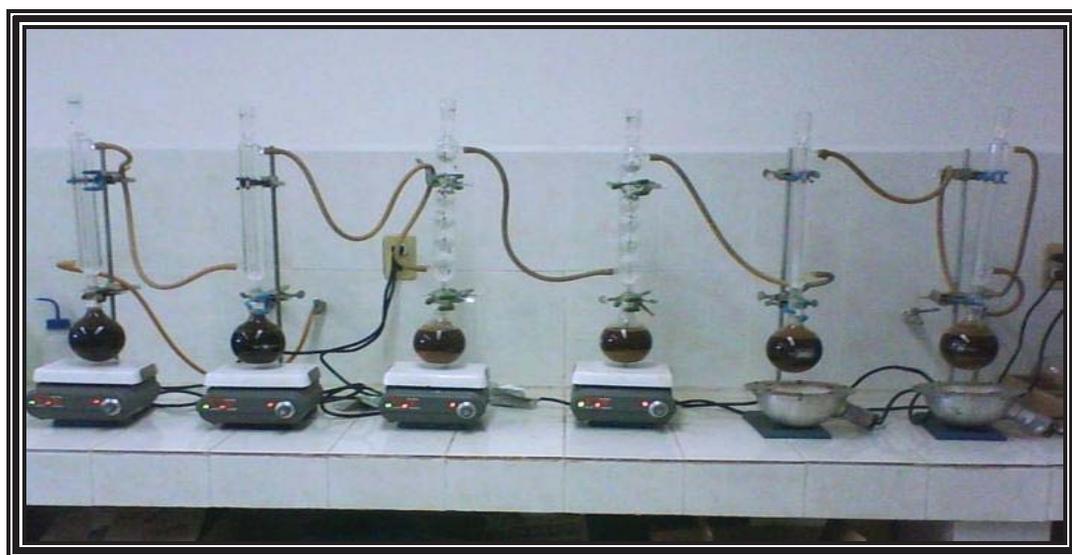


Fig.14 Extracción a reflujo

## 7.6 Separación con solventes orgánicos

En un embudo de separación de 250 ml se depositaron 100 ml del extracto acuoso obtenido de cada una de las zonas (corteza, albura y duramen), así como 100 ml de hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol, consecutivamente.

La separación se llevó a cabo agitando por 5 o 10 minutos, el embudo de separación con la solución acuosa y el solvente y dejando reposar por hasta 5

horas, (Fig. 15.). Después se separó por decantación la solución acuosa, lo que se separó junto con el solvente se colocó en un matraz y posteriormente se le agregó 1 g de sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), dejando reposar por 24 horas para después retirar el extracto libre de humedad, lavando con el mismo solvente el residuo de sulfato de sodio.



Fig.15. Separación con diferentes solventes

## 7.7 Cromatografía en capa fina

La cromatografía en capa fina se realizó con Cromatofolios de Silicagel 60 F254 de los extractos obtenidos con solventes correspondientes y se hizo el revelado de las placas con yodo.

Para la cromatografía se utilizaron solventes hexano-acetato de etilo en relación 8:2, cloroformo y cloroformo-acetona en relación 9:1.

## 7.8 Análisis instrumental de los extractos

### 7.8.1 Espectroscopía de masas acoplada a cromatografía de gases.

Los espectros de masa se realizaron en el Instituto de Investigaciones de Químico-Biológicas de la UMSNH en el Espectrómetro de masas marca Hewlett Packard (HP) modelo 5989B, utilizando un detector de iones (multiplicador de electrones) y una energía de ionización de 20 - 30 eV.

El equipo utilizado para obtener el cromatograma de gases fue un Cromatógrafo de gases de la marca Hewlett Packard (HP) modelo 5890 Serie II Plus. El método utilizado fue el de DIP-1.

Usando como fase móvil (gas de arrastre) Helio y una columna no polar HP5MS con una fase estacionaria de (5-fenil) metilpolisiloxano, con 30 metros de longitud, con un diámetro interno de 0.25 mm; el espesor de la capa estacionaria es de 0.25  $\mu\text{m}$  y el banco de datos para la comparación de las señales espectrales es NIST.



Fig.16. Espectrometro de masa acoplado a cromatografo de gases

### 7.8.2 Espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier

La espectroscopía infrarroja es una técnica empleada principalmente en la elucidación de estructuras moleculares, aunque también se emplea con fines cuantitativos. Esta técnica se basa en las distintas absorciones de radiación infrarroja que manifiestan los diferentes grupos funcionales presentes en una molécula. La región infrarroja del espectro incluye la radiación con número de onda comprendidas entre 12800 y 10  $\text{cm}^{-1}$  lo que corresponde a longitudes de onda de 0.78 a 1000  $\mu\text{m}$ , divididas en tres regiones denominadas infrarrojo cercano, medio y lejano. De las tres zonas del espectro infrarrojo, la región comprendida entre 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$  (de 2.5 a 25  $\mu\text{m}$ ) es la utilizada en química orgánica para el estudio estructural de las moléculas.

El análisis de FTIR se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la UMSNH en un equipo marca Bruker modelo Tensor 27 (Fig. 17). Con un rango espectral 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$ , un detector de alta sensibilidad DLATGS, una velocidad de escaneo de 1.6 a 12.7 mm/sec.



Fig. 17 Equipo de espectrometría de infrarrojo

### 7.8.3 Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)

La espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  se realizó en el Instituto de Investigaciones de Químico - Biológicas de la UMSNH en el equipo Varian Mercury Plus 400, los espectros  $^1\text{H}$  se obtuvieron a 400 Hz, la ventana espectral fue de 6000 Hz, el disolvente utilizado fue cloroformo deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) y el disolvente de referencia interna fue tetrametilsilano (TMS).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Determinación de contenido de humedad

La Tabla 2 muestra el contenido de humedad determinado de la corteza, albura y duramen de la madera, de las 6 muestras utilizadas en este trabajo. Este procedimiento fue realizado de acuerdo con la norma T264 om-97 (TAPPI 2000) .

Tabla 2. Contenido de humedad.

Localización	Contenido de humedad I* (%)	Contenido de Humedad II**(%)
Corteza	10.1	10.0
Albura	7.0	5.4
Duramen	7.4	6.3

\*Es el contenido de humedad de la harina utilizada para la extracción a reflujo durante una hora

\*\*Es el contenido de humedad de la harina utilizada para la extracción a reflujo durante cuatro horas

El contenido de humedad de las muestras trabajadas está dentro de lo habitual de las maderas usadas para el análisis químico. El contenido de humedad de las harinas usadas para extracción a reflujo durante 4 horas es menor, debido a que estos experimentos fueron realizados un año después de los primeros (extracción a una hora), como consecuencia la madera estaba ya más seca.

### 8.2 Extracción a reflujo

En la extracción a reflujos que se realizó a una hora y a cuatro horas se obtuvieron soluciones acuosas de corteza, albura y duramen, de los cuales se determinó el porcentaje de extracto. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad y porcentaje de extraíbles en diferentes partes de la troza.

Localización	Cantidad de extraíbles (%) en muestras obtenidas a reflujo a:	
	1 hora	4 horas
Corteza	18.71	14.17
Albura	6.70	5.55
Duramen	6.46	4.33

Como se puede ver en la Tabla 3 se obtuvo más cantidad de extraíbles en la extracción a reflujo durante una hora. El motivo de la diferencia de porcentajes entre los dos tiempos se puede deber a que se han perdido o evaporado por el calentamiento, los compuestos volátiles que se encuentran en la madera.

Al hacer la comparación con los porcentajes de extraíbles que se han obtenido en Cuba en los diferentes estudios, Núñez en 2000, reporta que el contenido de extraíbles encontrados en la corteza está entre 7.5 a 8.2 % y en el presente trabajo se obtuvieron valores mayores, entre 14 y 18 %, y esto puede tener relación con el clima, el tipo de suelo y los nutrientes del mismo.

### 8.3 Separación con solventes orgánicos

El porcentaje obtenido de cada fracción separada de los diferentes solventes como son hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol, y de los dos diferentes tiempos de reflujo, se presenta en las Tablas 4 y 5.

En la literatura, para la separación de flavonoides de extractos naturales de diferentes plantas, se recomienda usar una serie de solventes orgánicos en orden de lipofílico a hidrofílico, particularmente para mejor extracción de flavonoides se recomienda la siguiente secuencia: éter de petróleo, benceno, éter etílico, acetato de etilo, alcoholes (Lock Sing de Ugaz 1997). En este trabajo se escogió una secuencia muy parecida, intercambiando los dos primeros solventes por hexano, que muestra polaridad y propiedades parecidas a los de éter de petróleo y benceno.

En la Tabla 4 se puede observar que en el extracto de la corteza hubo una separación mayoritaria con los solventes acetato de etilo y butanol con 2.96 g (15.8%) y 2.21g (11.8%) respectivamente, esto del total del extracto.

En la albura se encontró que la mayor parte separada con los solventes fue del butanol con un 1.15 g (17.2%) y el hexano con 1.08 (16.1%). En el extracto de duramen la mejor separación se logró con hexano y butanol 0.77 (11.9%) en las mismas cantidades. Al terminar la separación con los solventes orgánicos en el residuo de la solución acuosa quedó la mayor parte de extraíbles, en corteza quedó 10.27 g (54.9%), en albura un 3.21 g (47.9%) y en duramen un 3.95 g (61.2%).

En la Tabla 5 se puede observar que en el extracto de la corteza hubo una separación mayoritaria con los solventes hexano y butanol con 1.60 g (11.3%) y 2.18 g (15.4%) respectivamente, esto del total del extracto.

En la albura encontramos que la mayor parte separada con los solventes fue del butanol con un 0.94 g (16.9%) y el hexano con 0.81 g (14.8%). En el extracto de duramen la mejor separación se logró con hexano y butanol 0.84 g (19.5%) y 0.59 g (13.7%) respectivamente. Al terminar la separación con los solventes orgánicos en el residuo de la solución acuosa se quedó la mayor parte de extraíbles, en corteza quedó 9.79 g (69.1%), en albura un 3.08 g (55.5%) y en duramen un 2.57 g (59.1%).

Como se puede observar en las Tablas 4 y 5 la selección de solventes proporcionó los resultados satisfactorios de extracciones.

Tabla 4. Cantidad y porcentaje de extraíbles en solventes orgánicos en las diferentes partes de la troza. En la extracción de una hora.

<b>Solvente</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Extracto total de corteza</b>	18.71	100.00
Hexano	1.41	7.50
Éter dietílico	1.86	9.90
Acetato de etilo	<b>2.96</b>	<b>15.80</b>
Butanol	<b>2.21</b>	<b>11.80</b>
Agua	10.27	54.90
<b>Extracto total de albura</b>	6.70	100.00
Hexano	<b>1.08</b>	<b>16.10</b>
Éter dietílico	0.58	8.70
Acetato de etilo	0.68	10.10
Butanol	<b>1.15</b>	<b>17.20</b>
Agua	3.21	47.90
<b>Extracto total de duramen</b>	6.46	100.00
Hexano	<b>0.77</b>	<b>11.90</b>
Éter dietílico	0.46	7.10
Acetato de etilo	0.51	7.90
Butanol	<b>0.77</b>	<b>11.90</b>
Agua	3.95	61.20

Tabla 5. Cantidad y porcentaje de extraíbles en solventes orgánicos en las diferentes partes de la troza. En la extracción de cuatro horas

<b>Solvente</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Extracto total de corteza</b>	14.17	100.00
Hexano	<b>1.60</b>	<b>11.30</b>
Éter dietílico	0.09	0.60
Acetato de etilo	0.51	3.60
Butanol	<b>2.18</b>	<b>15.40</b>
Agua	9.79	69.10
<b>Extracto total de albura</b>	5.55	100.00
Hexano	<b>0.82</b>	<b>14.80</b>
Éter dietílico	0.14	2.50
Acetato de etilo	0.57	10.30
Butanol	<b>0.94</b>	<b>16.90</b>
Agua	3.08	55.50
<b>Extracto total de duramen</b>	4.33	100.00
Hexano	<b>0.84</b>	<b>19.50</b>
Éter dietílico	0.10	2.40
Acetato de etilo	0.23	5.30
Butanol	<b>0.59</b>	<b>13.70</b>
Agua	2.57	59.10

La diferencia en contenido de extracto de corteza en fracciones de éter dietílico y acetato de etilo en muestras obtenidas a reflujo a 1 hora y 4 horas nos puede indicar, que en extractos con estos solventes, es donde había mayor fracción de compuestos volátiles, los cuales se evaporaron durante calentamiento de cuatro horas. También podrían estar presentes algunos compuestos con temperaturas de descomposición baja, afectados durante el calentamiento (a reflujo de 4 horas), posiblemente formaron algunos compuestos volátiles que se evaporaron. Esta tendencia también se puede observar en extracto etérico de albura y de duramen. Analizando la distribución de compuestos por fracciones de solventes podemos decir que en la fracción hexánica estarán las grasas y ácidos grasos.

Es conocido que los flavonoides son solubles en agua y alcohol, y se sabe (Lock Sing de Ugaz, 1997) que alcoholes y agua extraen glicosidos y agliconas de flavonoides muy hidroxiladas, mientras que solventes menos polares como éter y cloroformo sirven para extracción de flavonas altamente metoxiladas. Como consecuencia en fracción acuosa y de butanol puede tener flavonoides sustituidos con glicosidos o agliconas hidroxiladas, mientras que en la fracción de éter puede tener flavonas metoxiladas y también compuestos como beta-caroteno que en las hojas de mayoría de las plantas llega hasta valores de 25-30% de contenido. El beta-caroteno posiblemente puede estar presente también en la fracción hexánica. En la fracción acuosa pueden estar presentes antocianinas (una clase de flavonoides) que son pigmentos naturales que pueden tener colores de azul, purpura, violeta, magenta, todos tonos de rojo, rosado, escarlata. El precursor de esta clase de compuestos es cianidina, en la cual el hidrógeno de hidroxilo del C-3 se puede sustituir por glucósidos. Hay más de 250 compuestos en esta subclase. Estos compuestos son estables en medios ácidos, pero se descomponen en medios neutros y básicos manifestándose en la pérdida de color y oscurecimiento de producto, con formación de precipitados en los extractos (Lock Sing de Ugaz, 1997). En nuestro caso después de un tiempo el extracto acuoso restante se oscureció más y se observó la formación de un precipitado de color café, que hace suponer de la presencia de cianidinas.

#### **8.4 Cromatografía de capa fina.**

Se hizo cromatografía en capa fina a los cristales y aceites. Con la fase móvil hexano-acetato, en los cristales no se observó separación, mientras que en aceites se observaron tres separaciones. En cloroformo en los cristales no se observó separación y en aceite se observaron cuatro separaciones. Y en cloroformo-acetona en cristales no hubo separación, mientras que en aceites se observaron tres separaciones. Esto nos muestra que nuestros extractos no son compuestos individuales sino mezcla de compuestos.

#### **8.5 ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LOS EXTRACTOS.**

En 1990 ya se conocían alrededor de 3000 flavonoides (Lock Sing de Ugaz, 1997), de los cuales los más comunes son flavonas y flavonoles. Según esta autora hay alrededor de 450 flavonoles, 300 flavonas, 150 isoflavonas, 60 chalconas, 20 auronas y etc. Es bastante difícil de separarlas entre sí debido a sus estructuras parecidas y también por eso es complicada su identificación exacta.

##### **8.5.1 Espectroscopia de masas acoplada a cromatografía de gases.**

En espectrometría de masas las principales clases de compuestos que se presentaron fueron los aceites esenciales, ácidos grasos y flavonoides.

La espectrometría de masas de flavonoides presenta las siguientes  $m/z$  de núcleos básicos de principales clases flavonoides (Lock Sing de Ugaz, 1997): 222 - flavonas, isoflavonas y auronas, 224 - flavanonas y chalconas, 238 – flavanoles, 240 – dihidroflavanoles. Se observa el incremento de 16 unidades de masa por cada hidroxilo, y de 30 por cada metoxilo. Fragmentos más característicos de flavonoides son:  $M^+$  del pico molecular,  $M^+ -1$  originado por pérdida de un hidrogeno,  $M^+ -15$  por pérdida de metilo del grupo metoxilo; la intensidad es también indicativa de la posición del grupo metóxilo, siendo más intensa si estos están en C-6 o C-8, que en otros átomos.  $M^+ - 31$  es característica por pérdida de grupo metoxilo,  $M^+ -18$  por pérdida de agua,  $M^+ -28$  o  $M^+ -29$  por pérdida de grupo CO o CHO del C-4 para formar un anillo de cinco miembros;  $M^+ - 43$  por pérdida

de grupo  $-\text{COCH}_3$ ,  $\text{M}^+$  - 56 por pérdida de isopentilo, etc. Es también usual la fisión de  $\text{M}^+$  en dos fragmentos conteniendo anillos A y B.  $\text{M}^+$  es de 360 si en flavonoides hay 3 grupos hidroxilos y 3 grupos metoxilos.

Basado en lo anterior se puede afirmar que en la fracción etérica (Figuras 19, 21) se encuentran flavonas altamente metoxiladas ( $m/z$  236), dihidroxiflavonoles ( $m/z$  256), así como en la fracción de agua se encontró también flavonas, flavonoles, dihidroxiflavonoles, lo cual concuerda con los FTIR de dichas fracciones. Pensamos que en la fracción etérica también se encuentra el caroteno, debido a que se puede observar su  $\text{M}^+$  (533) y sus dos fragmentos característicos como son ( $m/z$ : 446, 430) (Mercadante et al 1997). Esto también se afirma debido a una gran semejanza de su espectro del FTIR con varios fragmentos de las FTIR de las fracciones etéricas (Lock Sing de Ugaz 1997).

La figura 25 muestra el espectro de masas de la fracción de hexano de la corteza. Los mayores constituyentes identificados corresponden a aceites esenciales como son  $\beta$ -elemeno ( $m/z$  218 con una abundancia de 109), aromadreno ( $m/z$  204 con una abundancia de 455), hinesol ( $m/z$  222.36 con una abundancia de 181), ledol ( $m/z$  221 con una abundancia de 115), además de  $\beta$ - eudesmol y  $\alpha$ -guaieno, en donde se puede advertir que la presencia de sesquiterpenoides es mayor que los compuestos oxigenados. (Nuñez, 2005).

Adicionalmente por GC-MS de la fracción hexánica se identificaron los siguientes ácidos grasos: ácido palmítico ( $m/z$  256 con una abundancia de 446), ácido esteárico ( $m/z$  284 con una abundancia de 422), ácido eicosanóico ( $m/z$  313 con una abundancia de 127), ácido lignocérico ( $m/z$  368 con abundancia 226), y en menor proporción el ácido mirístico ( $m/z$  228 con abundancia de 108).

En base a la identificación anterior se determinaron los grupos funcionales característicos de los compuestos en las fracciones de aceites esenciales y ácidos grasos a través de FTIR (Figura 26).

Analizando las graficas de cromatografía de gases en las Figuras 18, 20, 22, 24, se puede decir, que el tiempo de corrida de los compuestos en el cromatógrafo no fue adecuado, por eso no se produjo la separación correcta.

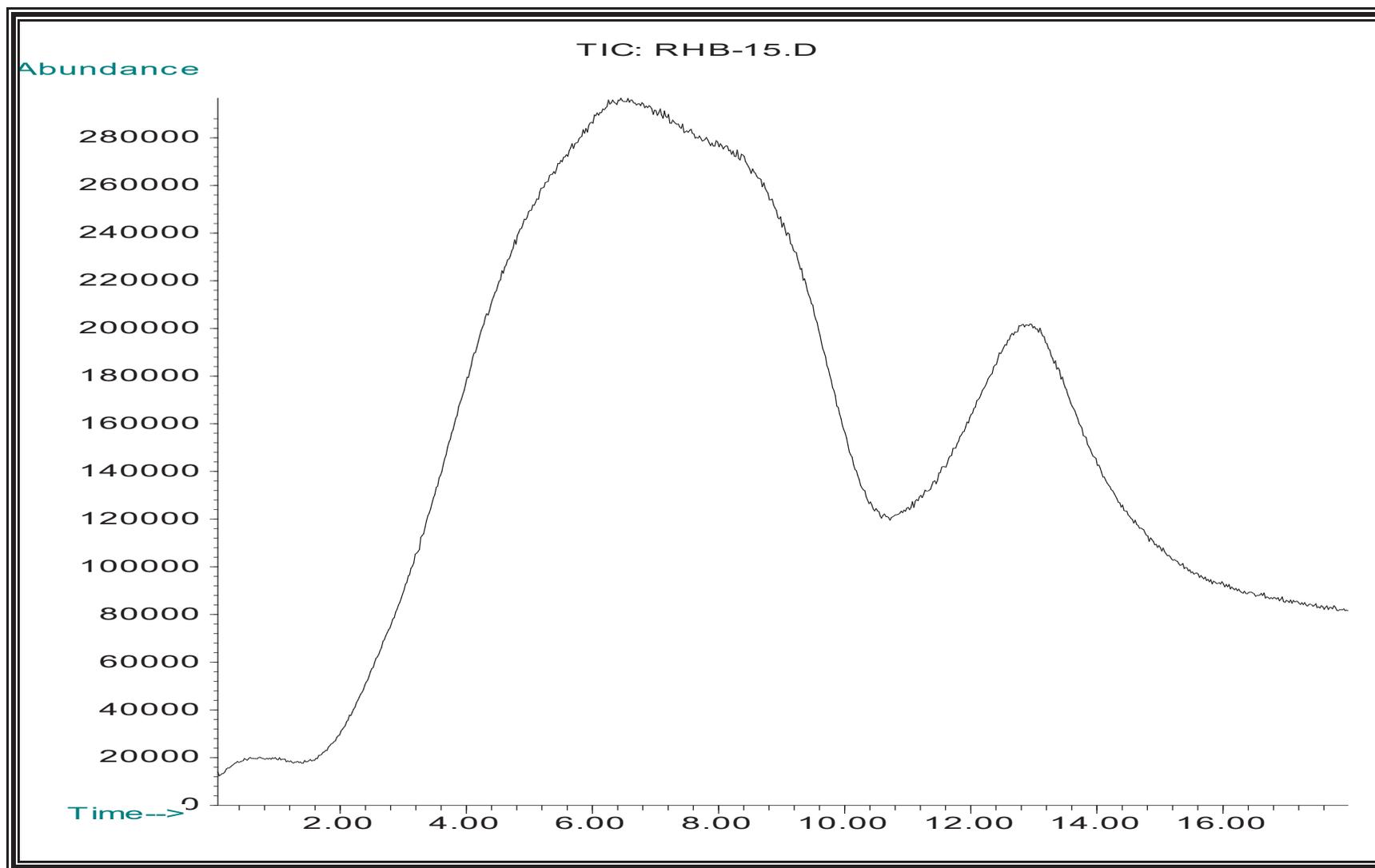


Fig. 18. Gráfica del cromatografía de gases del extracto de eter dietílico de la corteza.

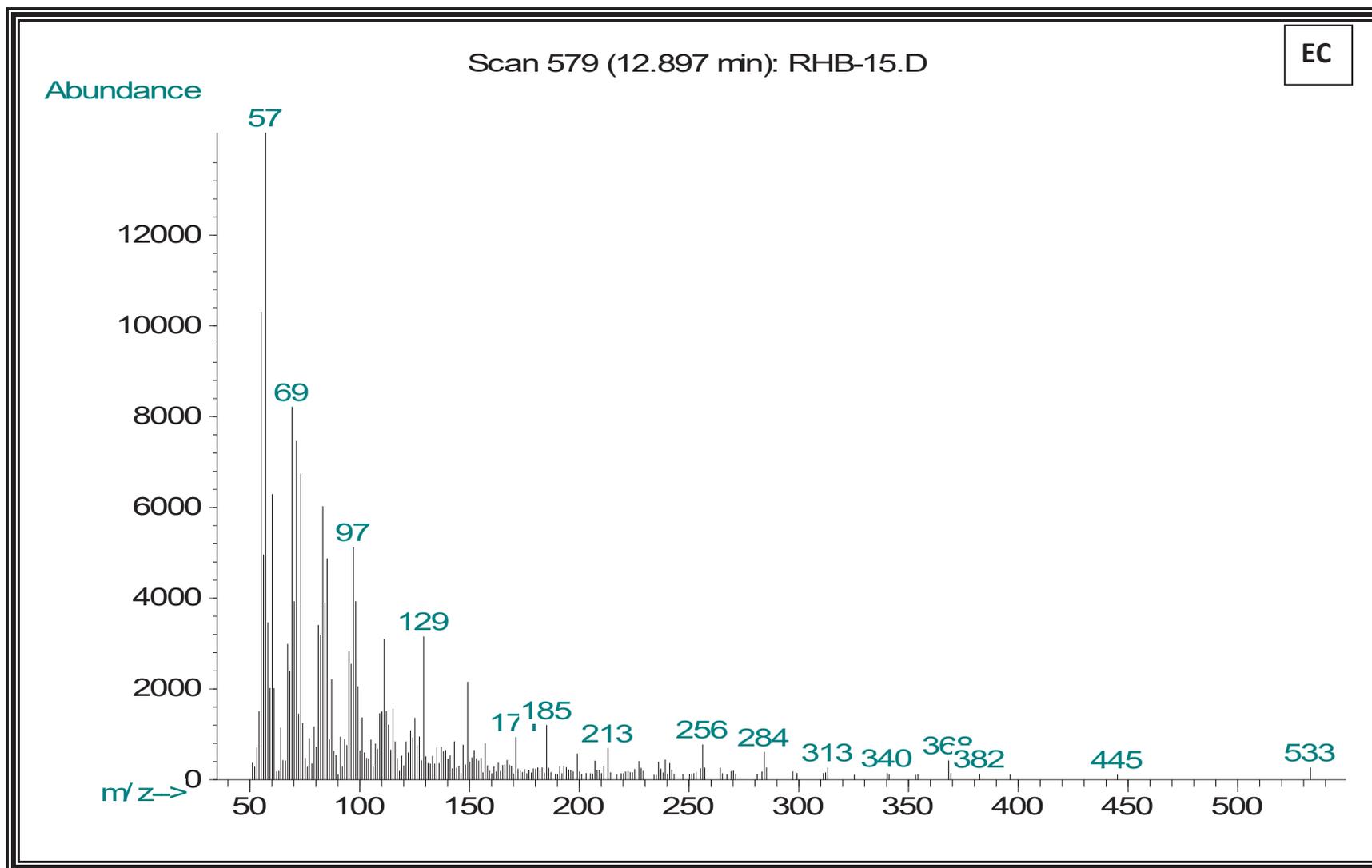


Fig. 19. Gráfica de espectrometría de masas del extracto de eter dietilico de la corteza

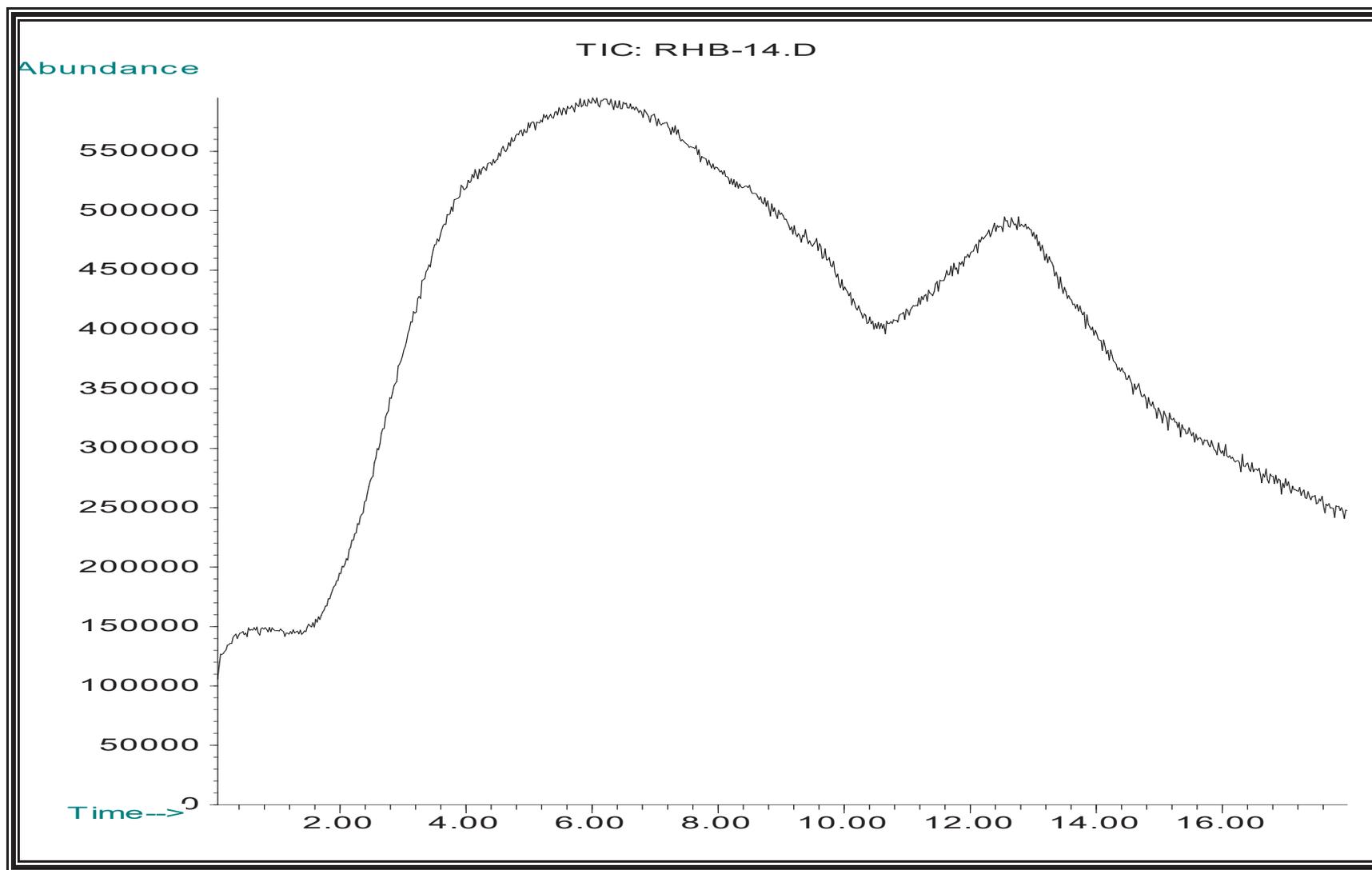


Fig. 20. Gráfica del cromatografía de gases la fracción de éter dietílico de la duramen.

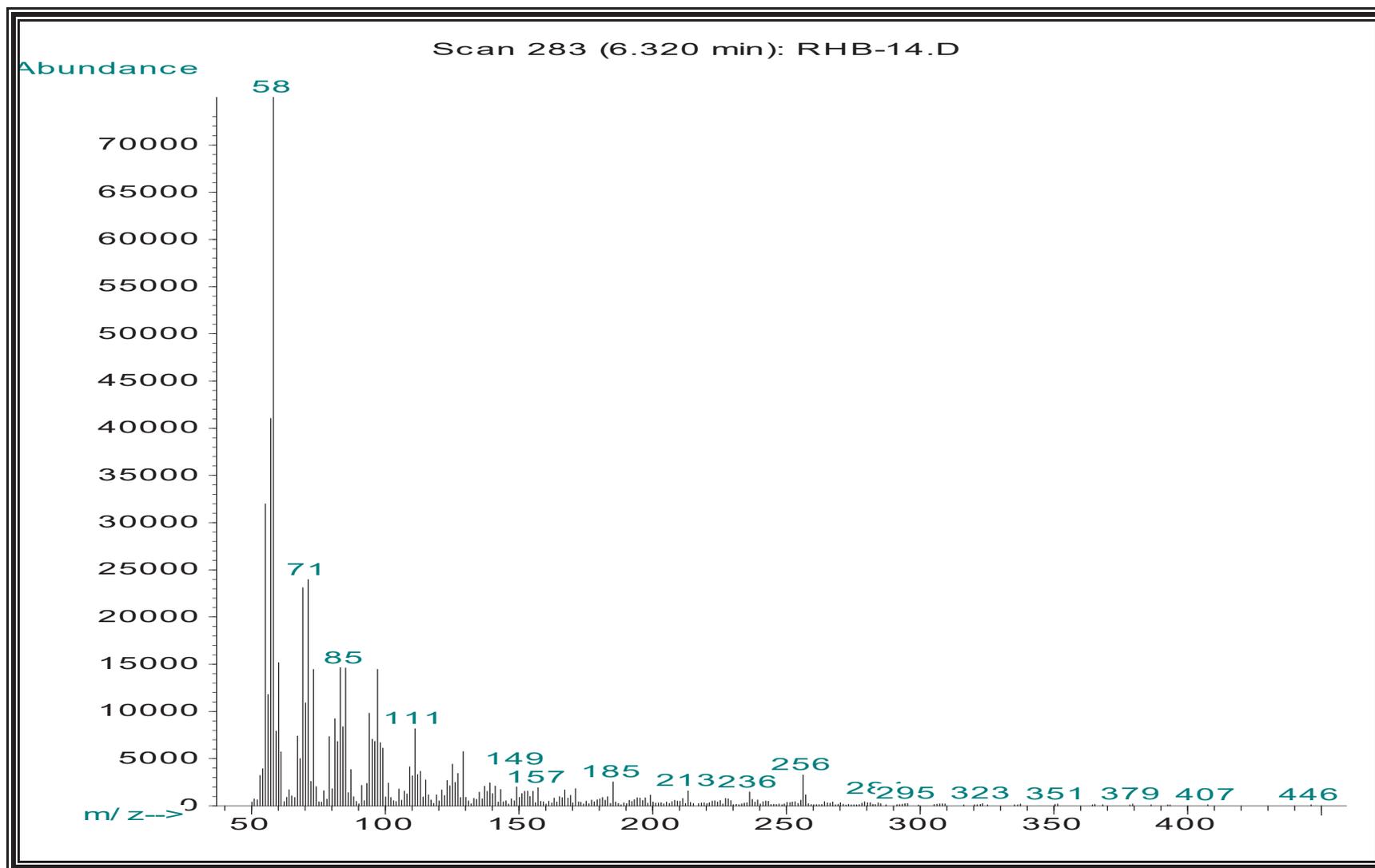


Fig. 21 Gráfica de espectrometría de masas de la fracción de éter dietílico de la corteza.

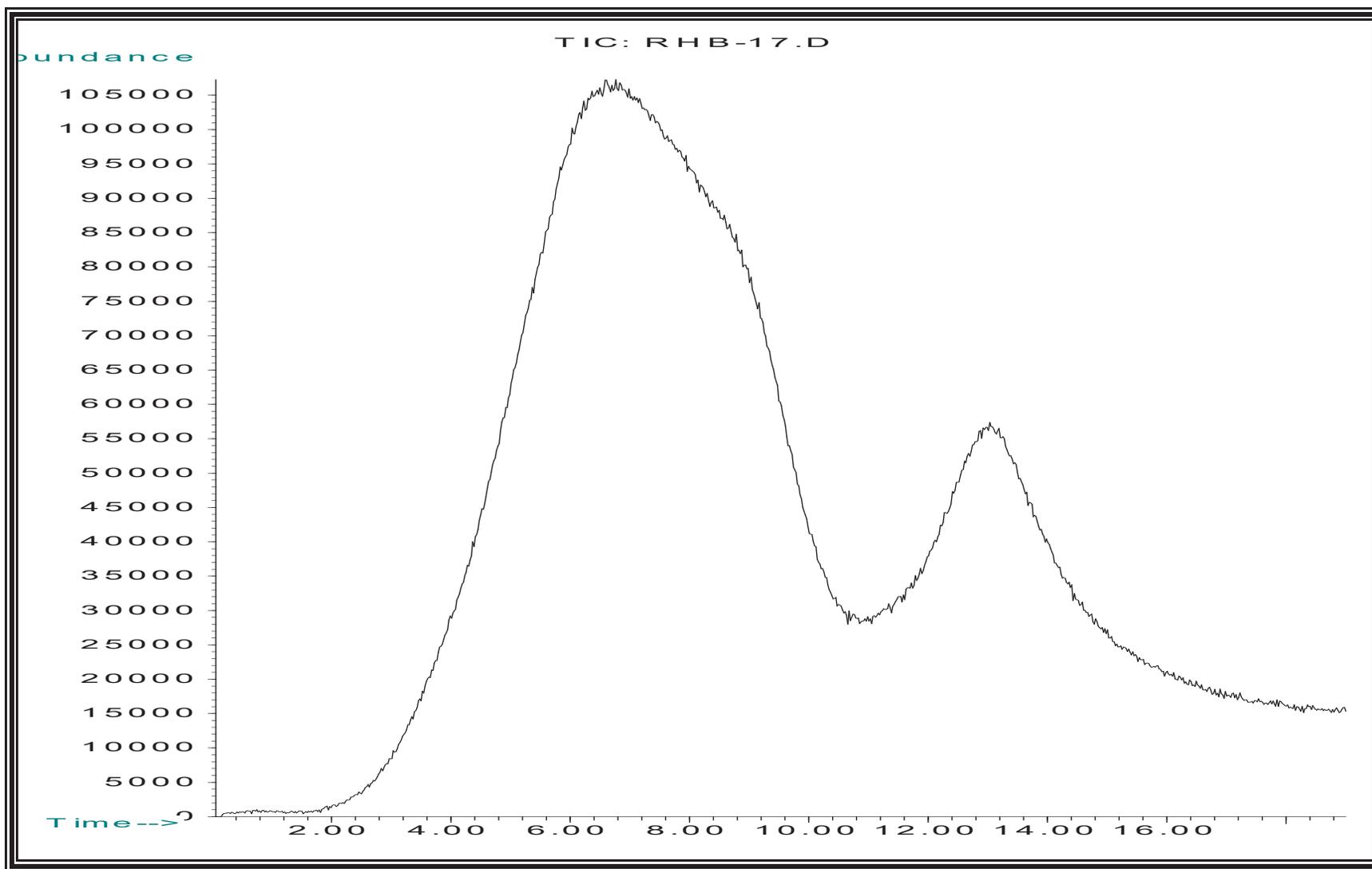


Fig. 22. Gráfica del cromatografía de gases la fracción del agua de corteza

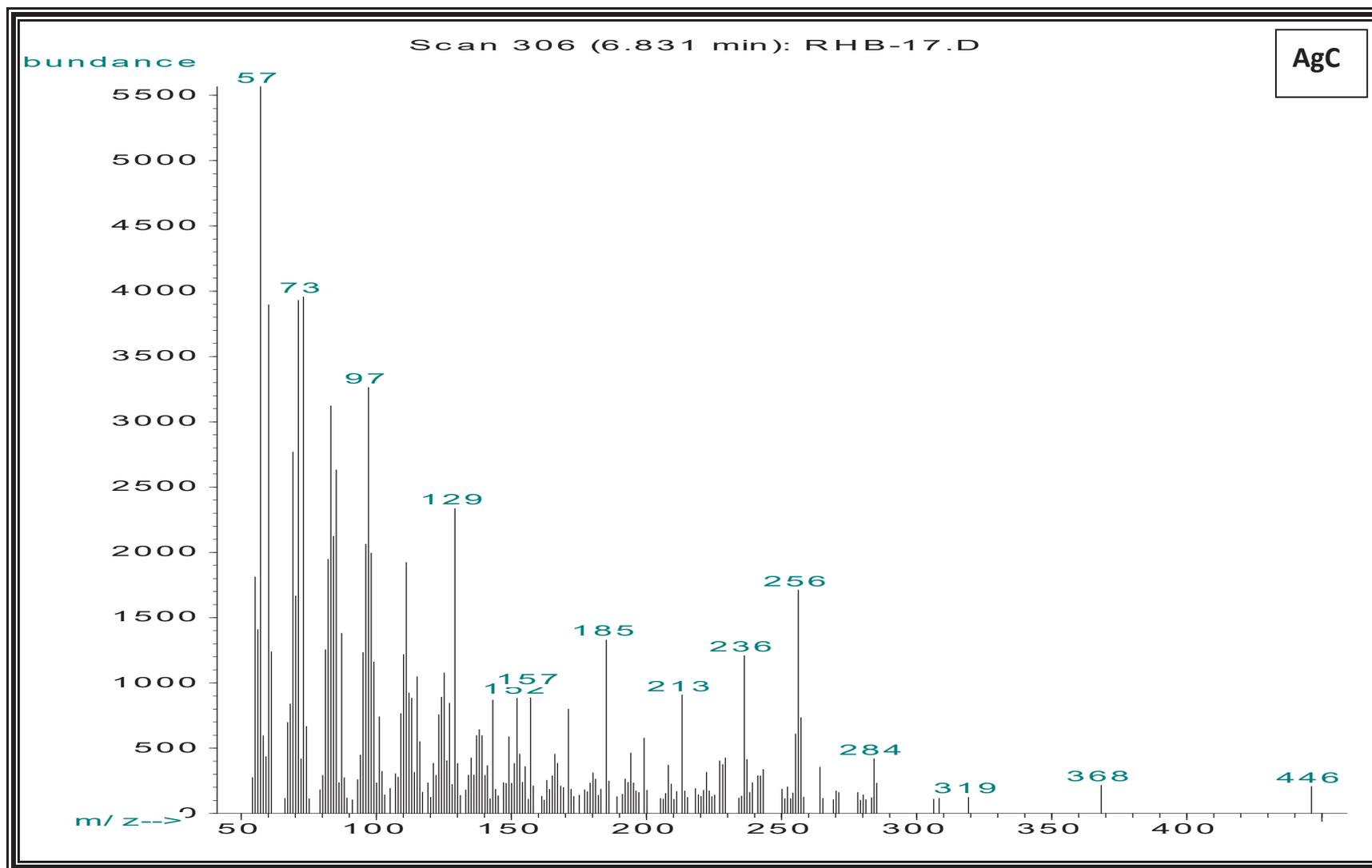


Fig. 23. Gráfica de espectrometría de masa del extracto de agua de la corteza

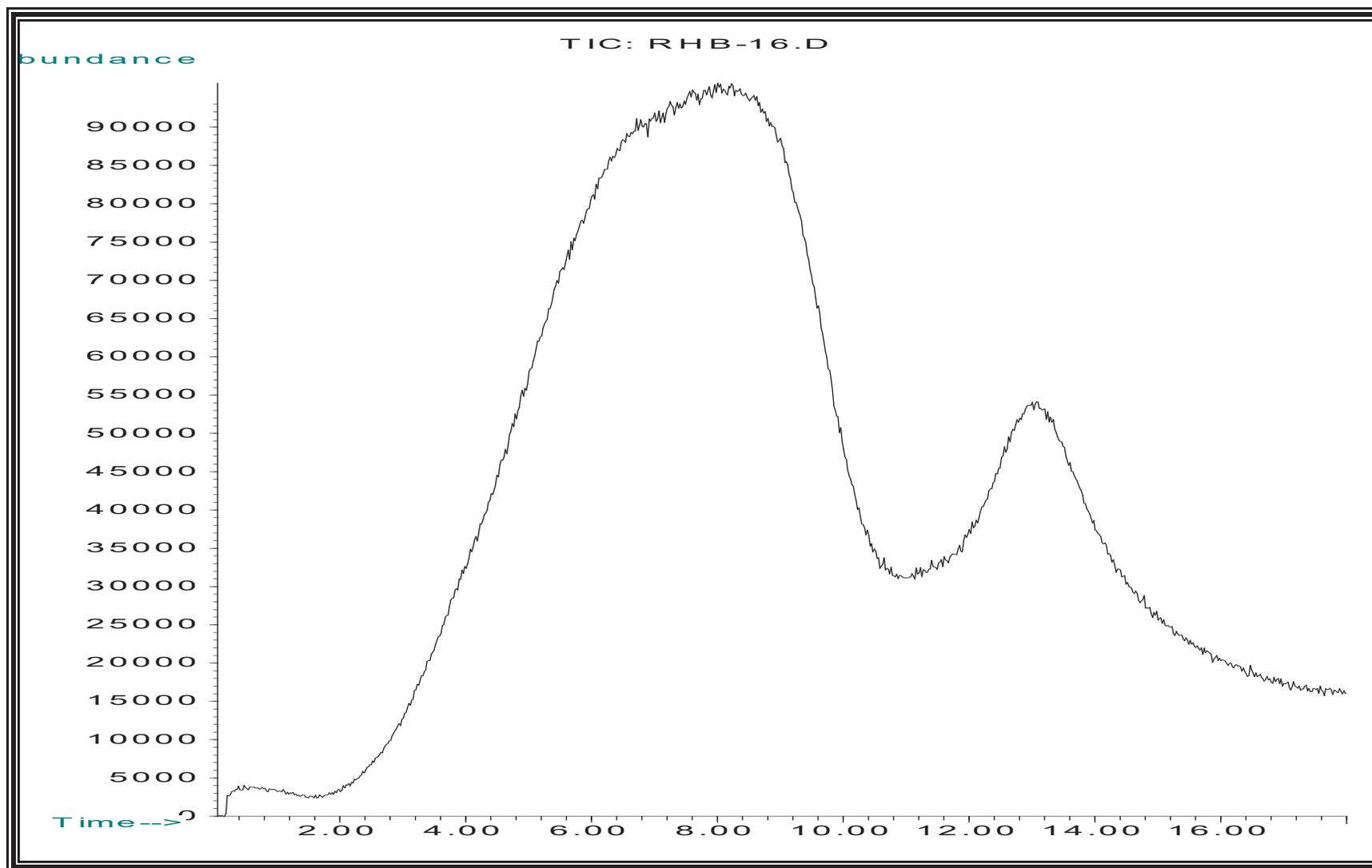


Fig. 24. Gráfica del cromatografía de gases del extracto hexánico de corteza.

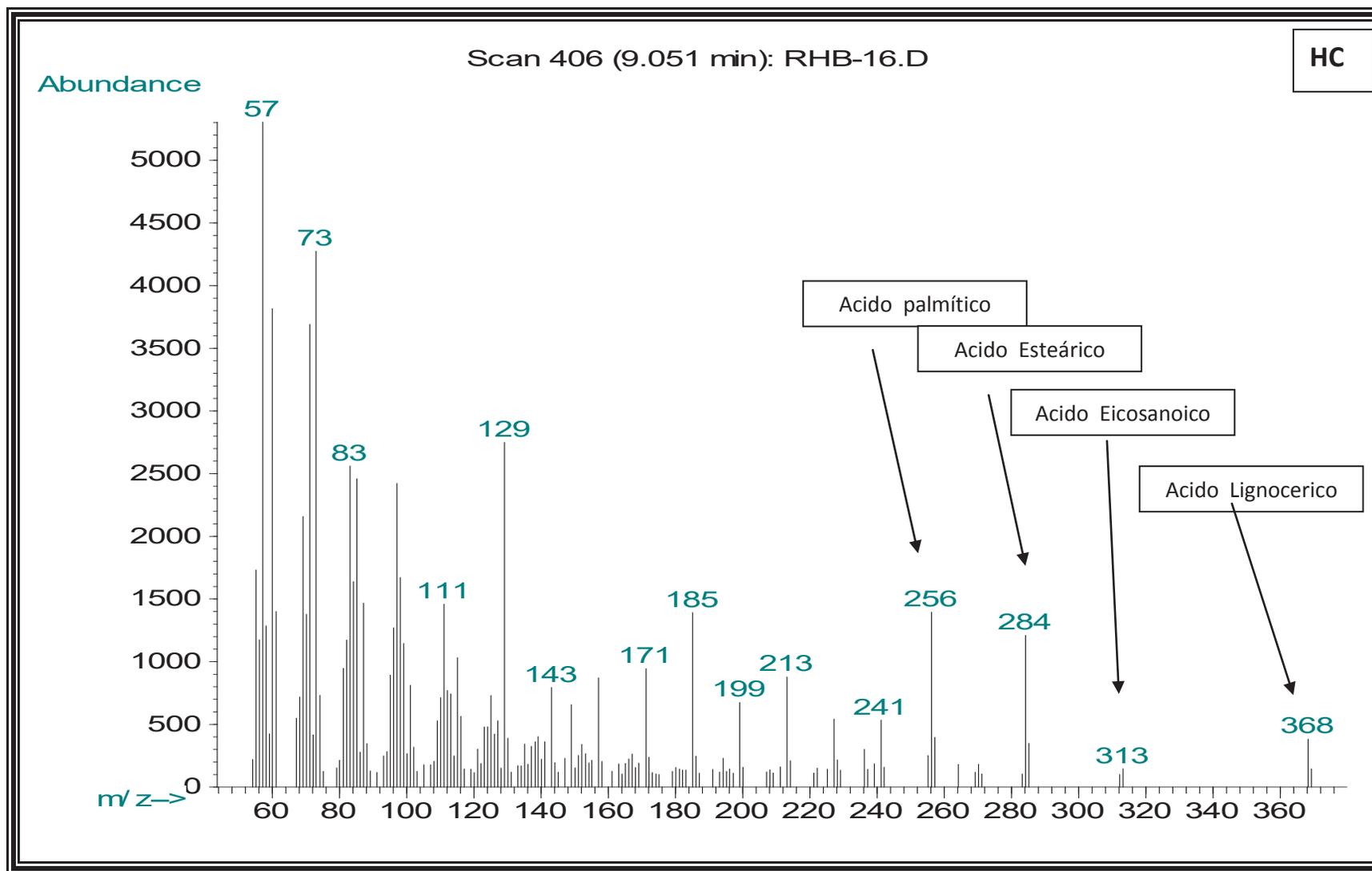


Fig. 25. Gráfica de espectrometría de masas del extracto hexánico de la corteza.

### 8.5.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO POR TRANSMISION DE FOURIER

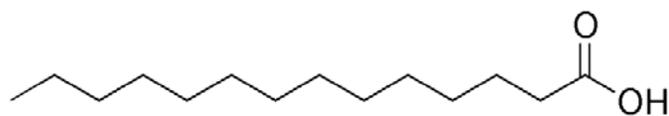
En la Figura 26 se muestra el análisis FTIR en la cual se indican las bandas características encontradas en la fracción separada con hexano a partir de la corteza. En principio se dos bandas intensas en  $2922$  y  $2861\text{ cm}^{-1}$  asociadas, respectivamente, a la vibración de tensión de C-H simétrico y C-H asimétrico en  $\text{CH}_2$  y  $\text{CH}_3$ . En la región entre  $1458$  y  $1375\text{ cm}^{-1}$ , este rango se asocia a la presencia de vibraciones de flexión C-H en  $\text{CH}_2$  y  $\text{CH}_3$ . También se visualiza una banda en  $1169\text{ cm}^{-1}$ , característica de las vibraciones de tensión C-O.

Las bandas de alta intensidad de los grupos metilos y etilos y una reducida señal de grupos hidroxilos evidencian la mayor presencia de sesquiterpenoides hidrocarbonados comparada con los compuestos oxigenados respectivos en los aceites esenciales identificados por CG-MS.

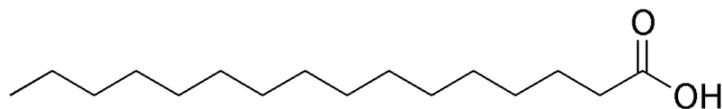
En esta misma fracción se identifican los grupos funcionales de los ácidos grasos, en donde se puede apreciar claramente en  $730\text{ cm}^{-1}$ , las vibraciones de flexión correspondiente a  $(\text{CH}_2)_n$  propias de esqueletos carbonados de considerable longitud y una disminuida banda en  $1740\text{ cm}^{-1}$  asociada al movimiento de tensión del enlace C=O típica de los ésteres de triglicéridos. La baja absorción del grupo carbonilo puede atribuirse a una baja concentración relativa de los ácidos grasos.

En base al análisis por FTIR y CG-MS se puede corroborar que en la fracción separada con hexano se encuentran los siguientes ácidos grasos:

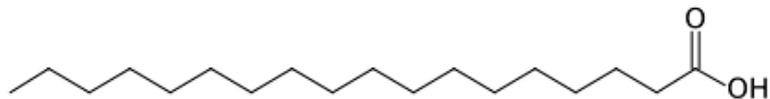
- Ácido mirístico o ácido tetradecanoico con una masa molecular de 228



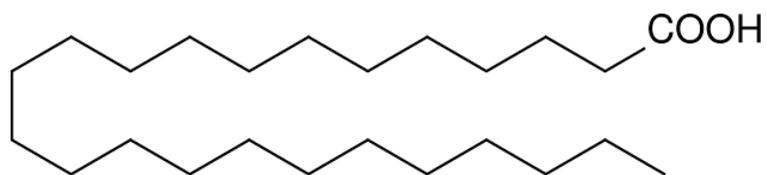
- Ácido palmítico o ácido hexadecanoico con una masa molecular de 256



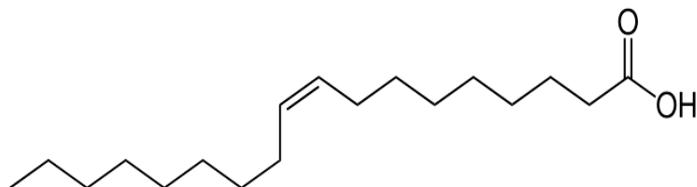
- Ácido estearico o ácido octadecanoico con una masa molecular de 284



- Ácido lignocerico o ácido tetracosanoico con una masa molecular de 368



- Ácido oleico con una masa molecular de 282



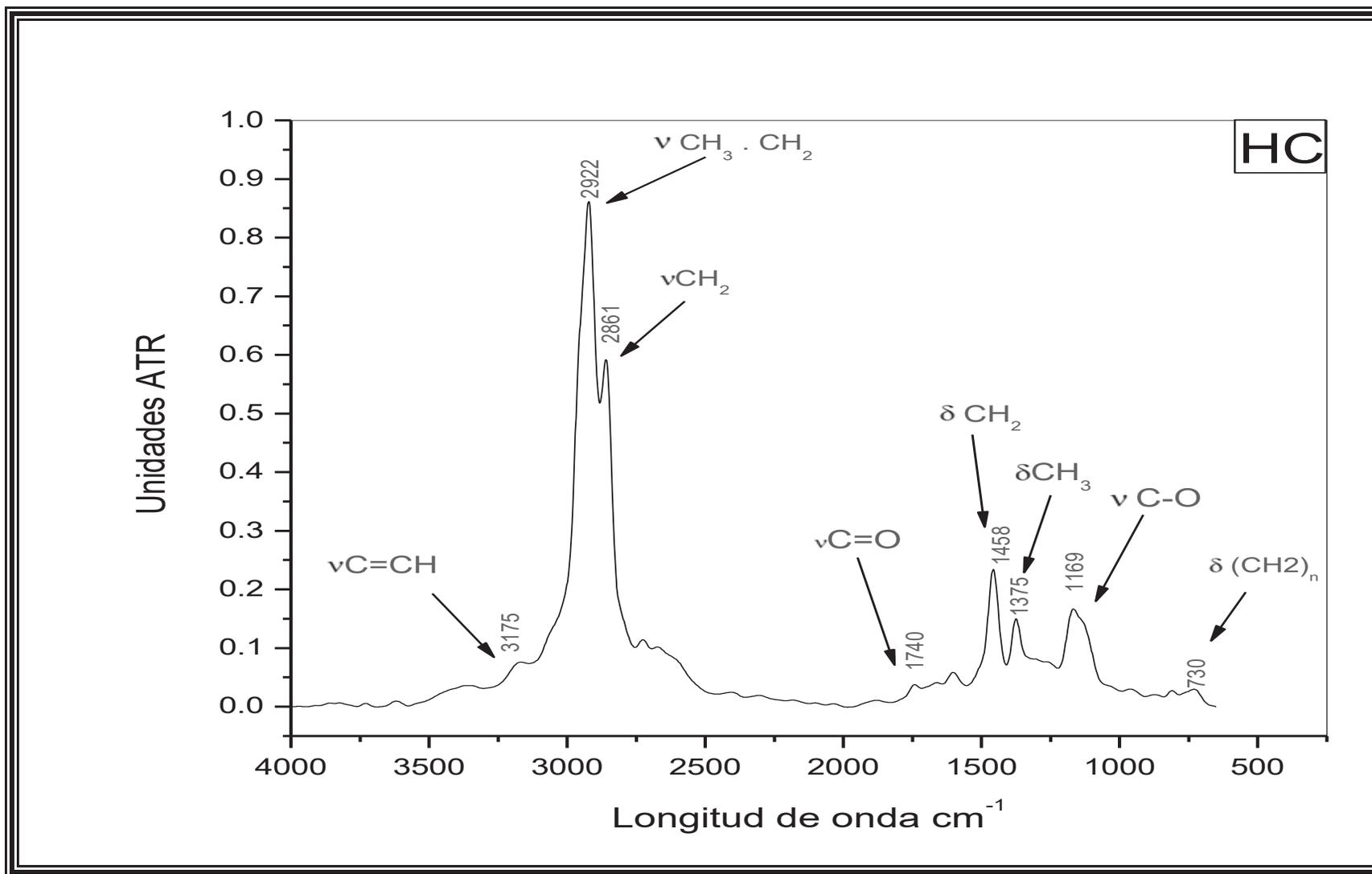


Figura 26. FTIR de la fracción separada con hexano de corteza.

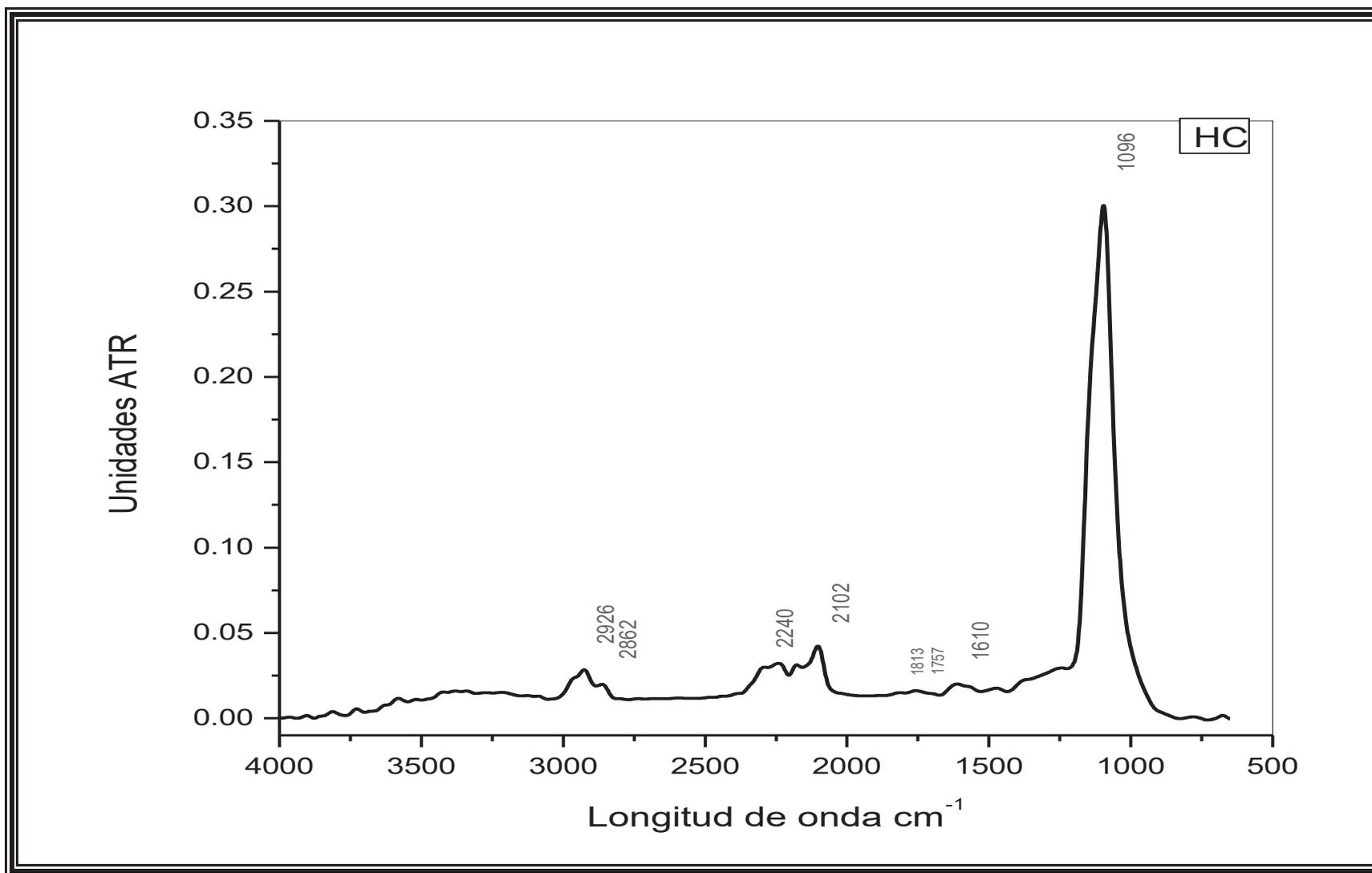


Figura 27. FTIR de extracto hexánico de duramen.

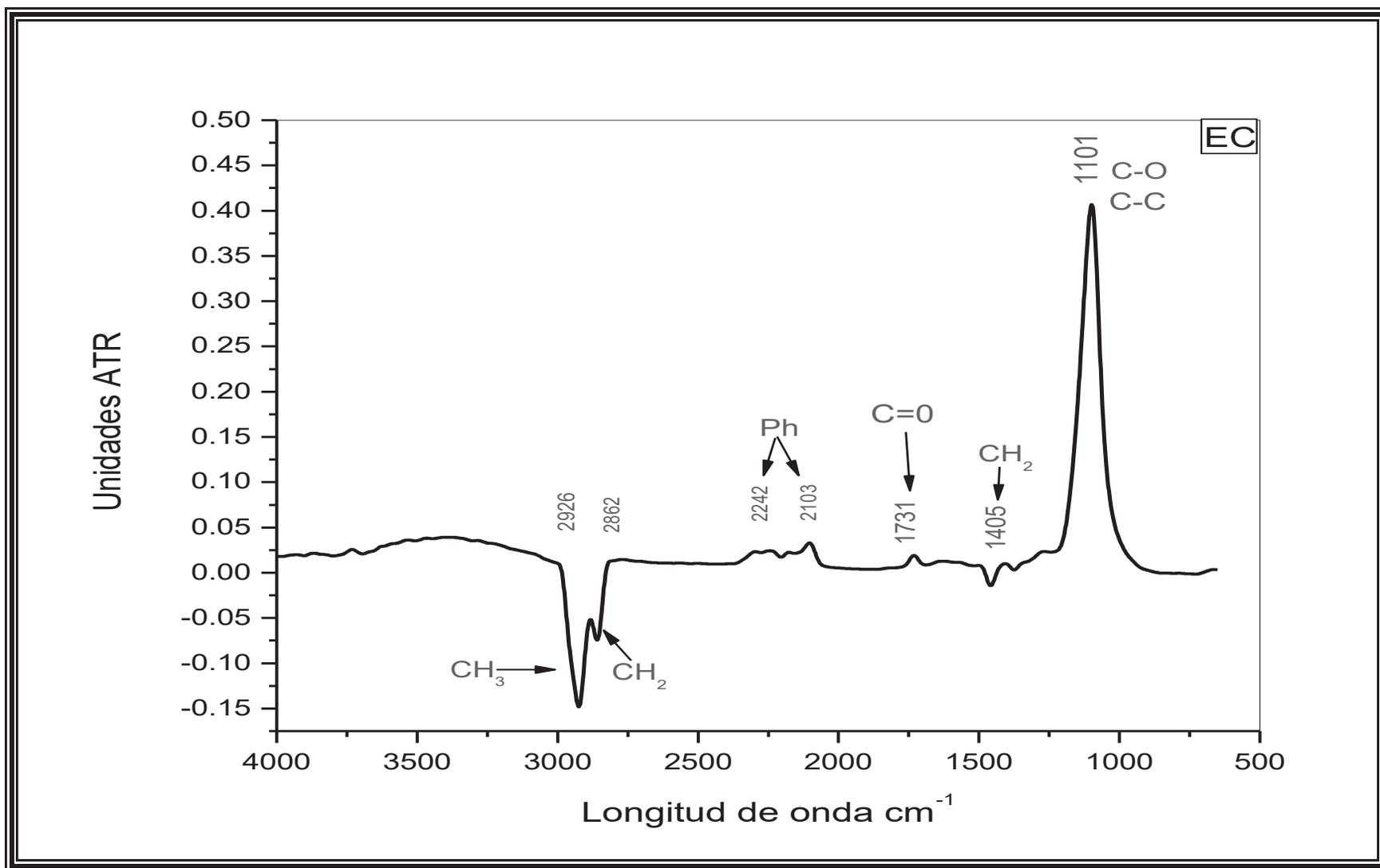


Figura 28. FTIR de la fracción separada con éter dietílico de corteza.

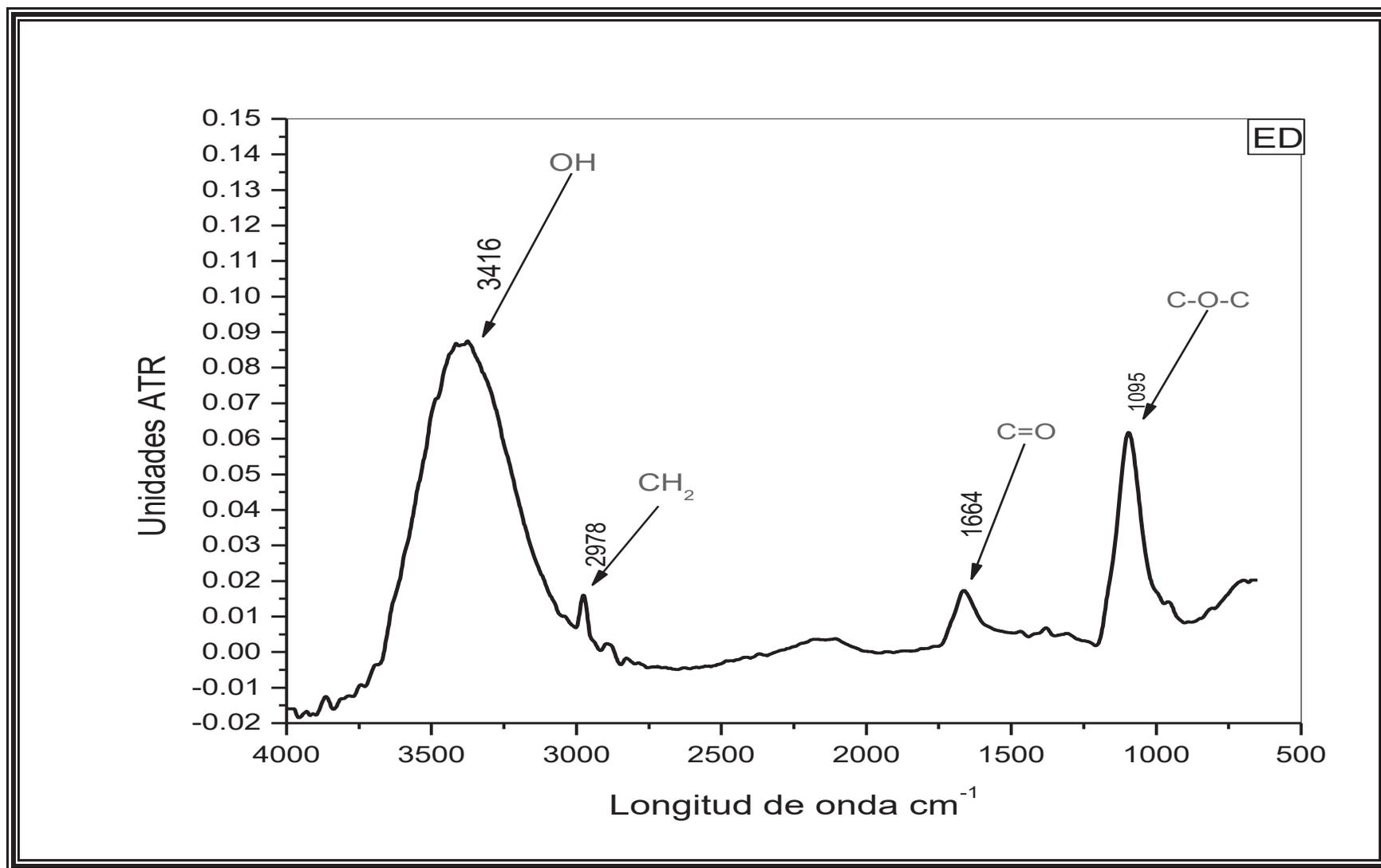


Figura 29. FTIR de la fracción separada con éter dietílico del duramen

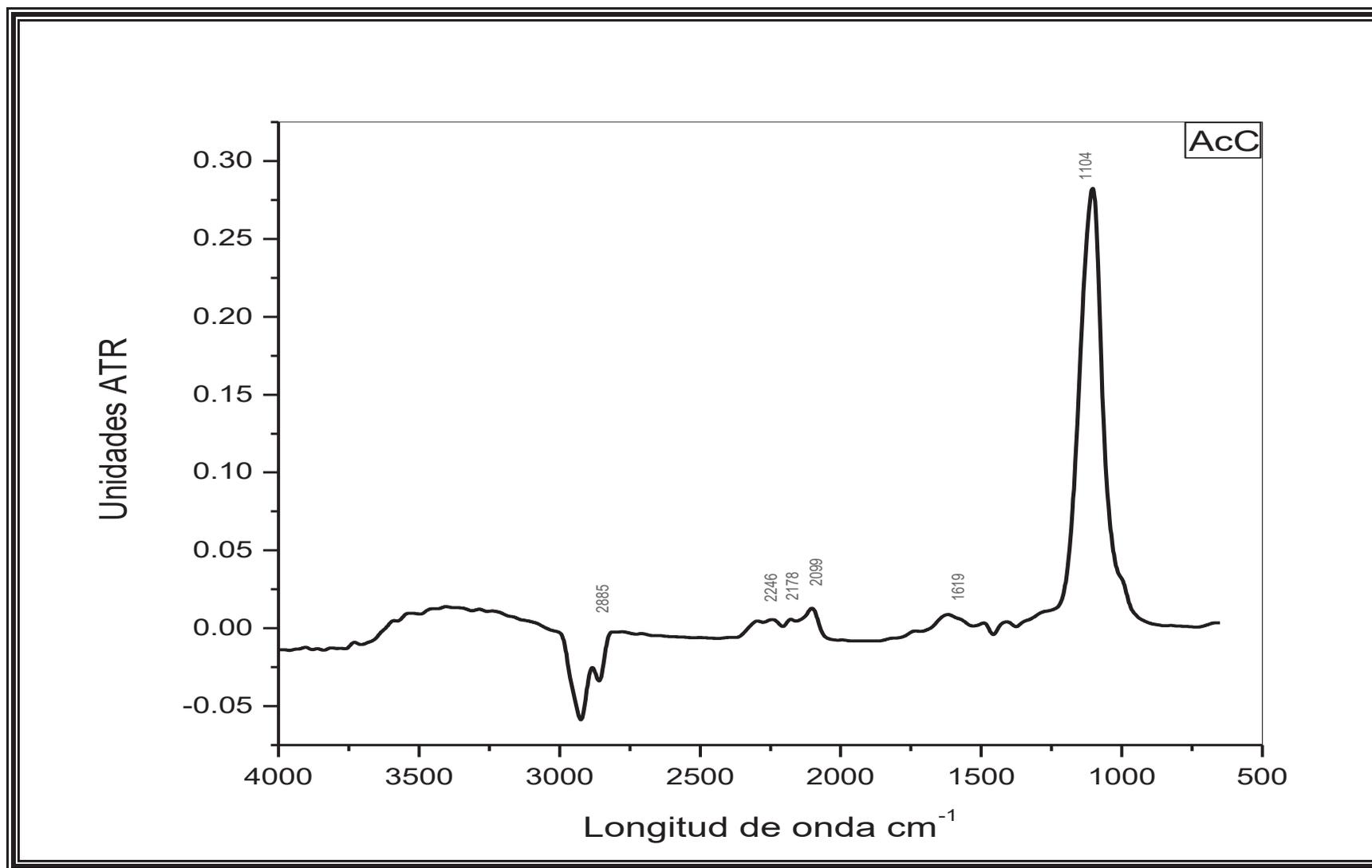


Figura 30. FTIR de la fracción separada con acetato de etilo de corteza.

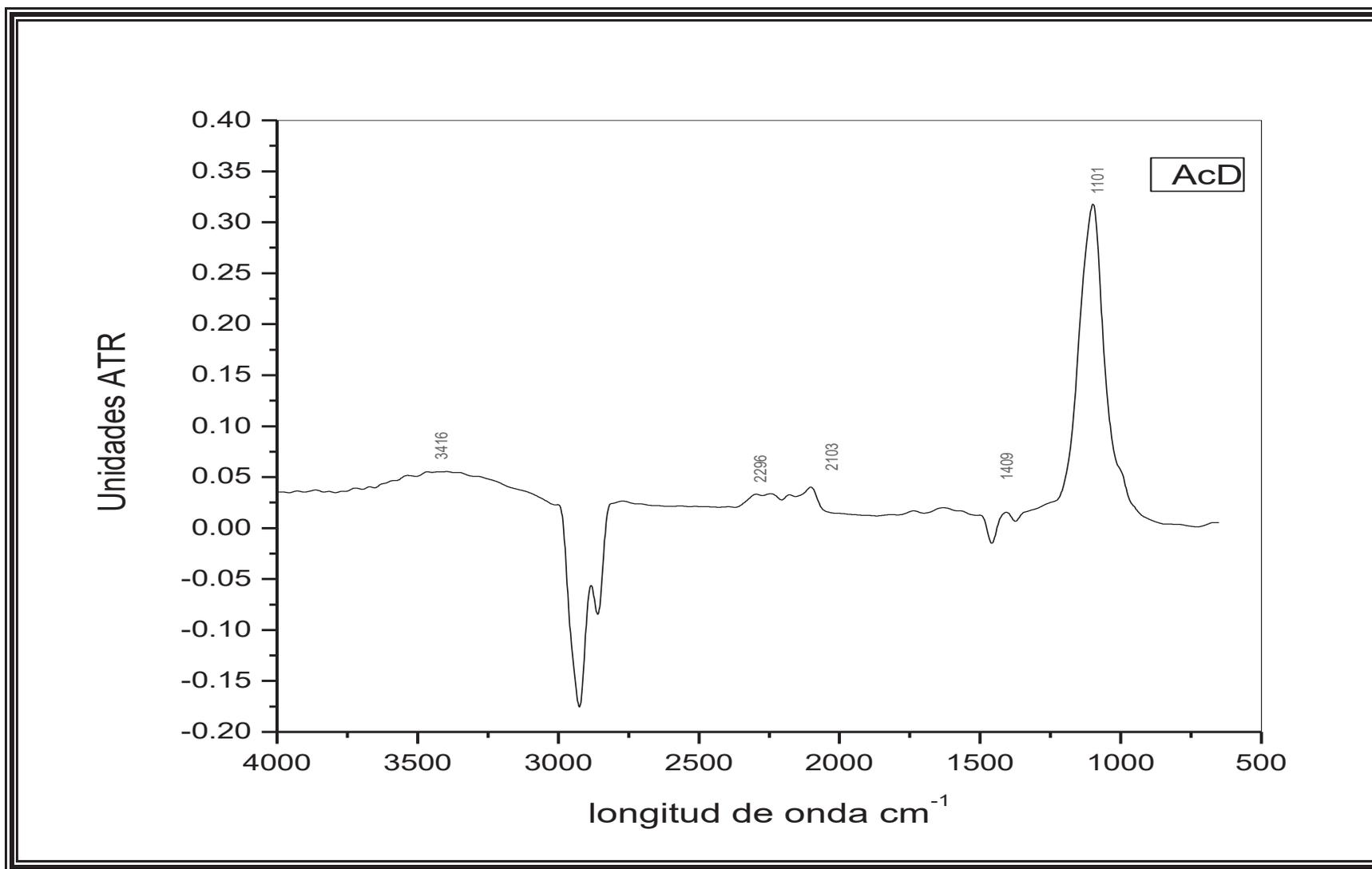


Figura 31. FTIR de la fracción separada con acetato de etilo de duramen

Comparando las Figuras 30 y 31, se puede decir que los extractos de acetil acetato de corteza y de duramen contienen los mismos compuestos, esto debido a similitud de sus espectros de infrarrojo.

En las Figuras 28,30,31,33 y 35 aparecen picos negativos debido a una falla de equipo.

En la Figura 32 se muestran los resultados del análisis de FTIR del extracto de corteza separado con butanol, se puede identificar las señales correspondientes a los grupos OH's relacionados con el grupo ester a  $3451$  y  $3199\text{ cm}^{-1}$  en un doblete característico en esta señal. En la banda  $2926\text{ cm}^{-1}$  se observa el estiramiento asimétrico de  $\text{CH}_3$  y  $\text{CH}_2$ , y una banda en  $1706\text{ cm}^{-1}$  asociada al movimiento de extensión del enlace  $\text{C}=\text{O}$  típica de los esteres. El OH que se encuentra en la banda  $1620\text{ cm}^{-1}$  corresponde a los trioles. En la vibración que se encuentra en  $1493\text{ cm}^{-1}$  pertenece a  $\text{CH}_2$  el cual está conjugado con un grupo carbonilo que corresponde a la banda  $1407$  y en la misma banda de  $1493$  se presenta el OH en un plano secundario, se puede visualizar en la banda  $1252\text{ cm}^{-1}$  un estiramiento de  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ , así como en la vibración de la banda de  $1088\text{ cm}^{-1}$  esté asociado a un  $\text{C}-\text{C}$ . Y por último encontramos las bandas de  $739$ ,  $825$  y  $885\text{ cm}^{-1}$  características de los grupos fenilo.

Las señales antes descritas corresponden a los polifenoles como son el ácido gálico metil ester, el ácido gálico propil ester, ácido benzoico propil ester, los cuales son identificados en el análisis por espectrometría de masas y no se descarta la presencia de más polifenoles del mismo tipo.

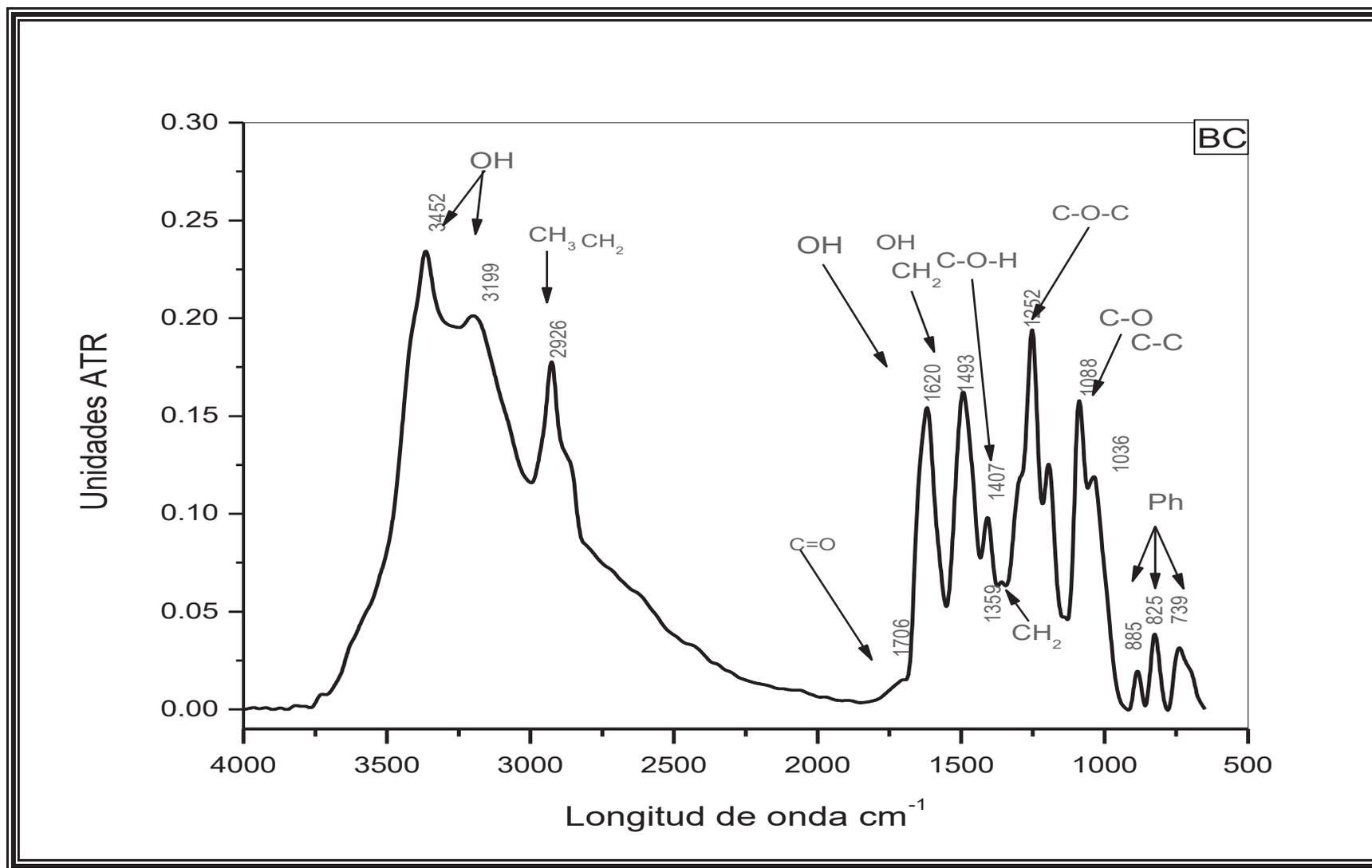


Figura 32. FTIR de la fracción separada con butanol de corteza

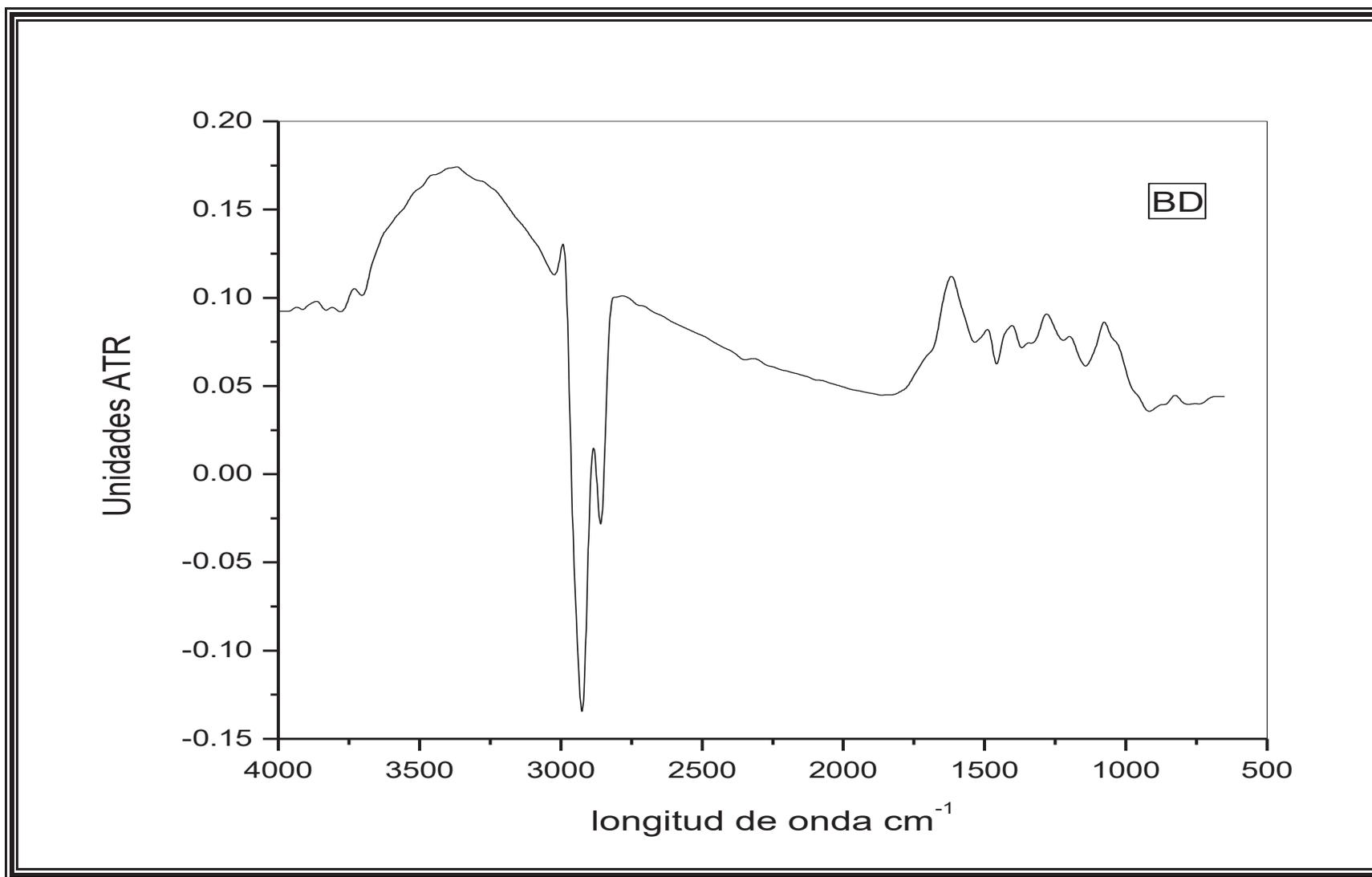


Figura 33. FTIR del extracto de duramen separado con butanol

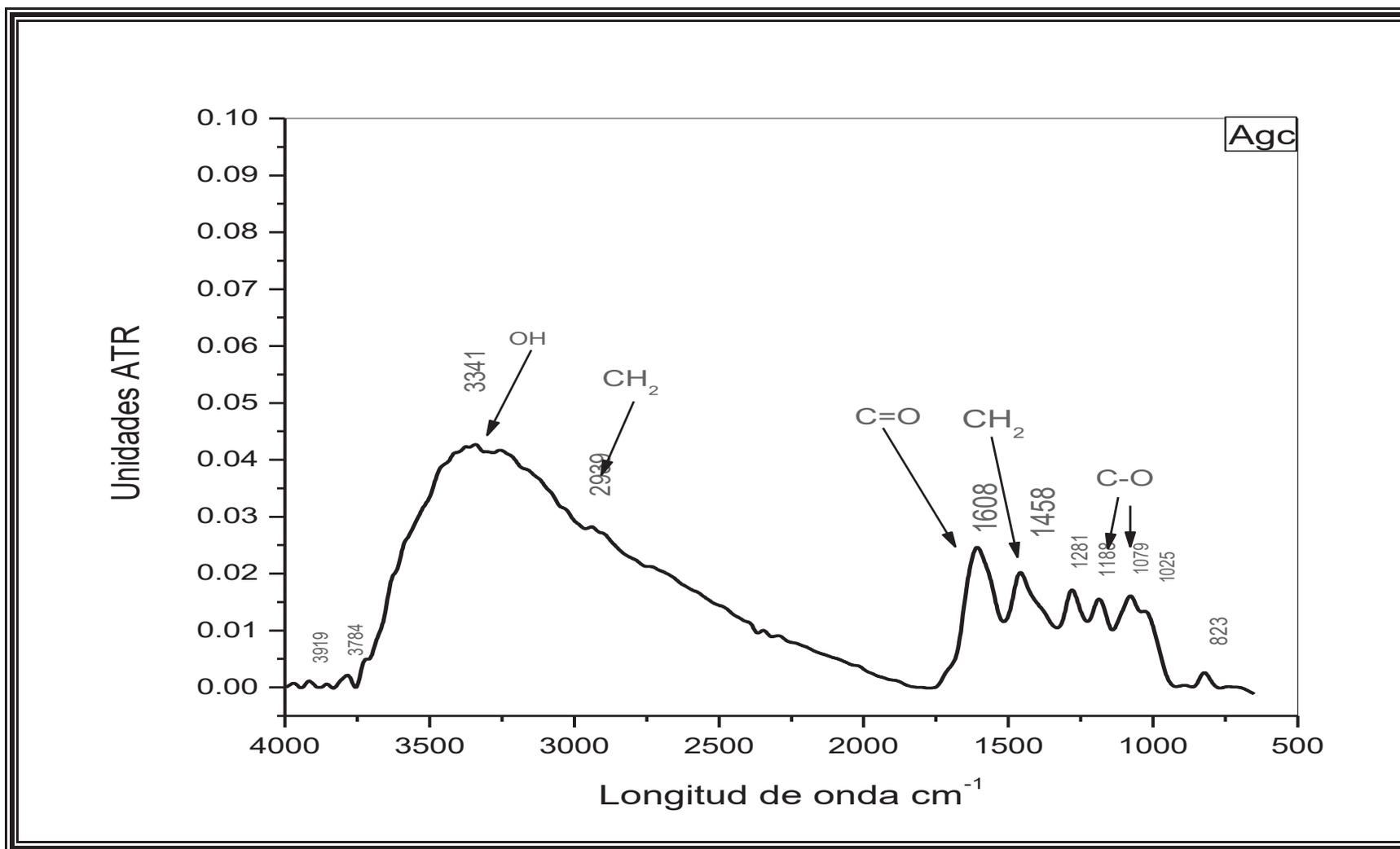


Figura 34. FTIR de la fracción acuosa de corteza resultante después de la separación con los solventes orgánicos

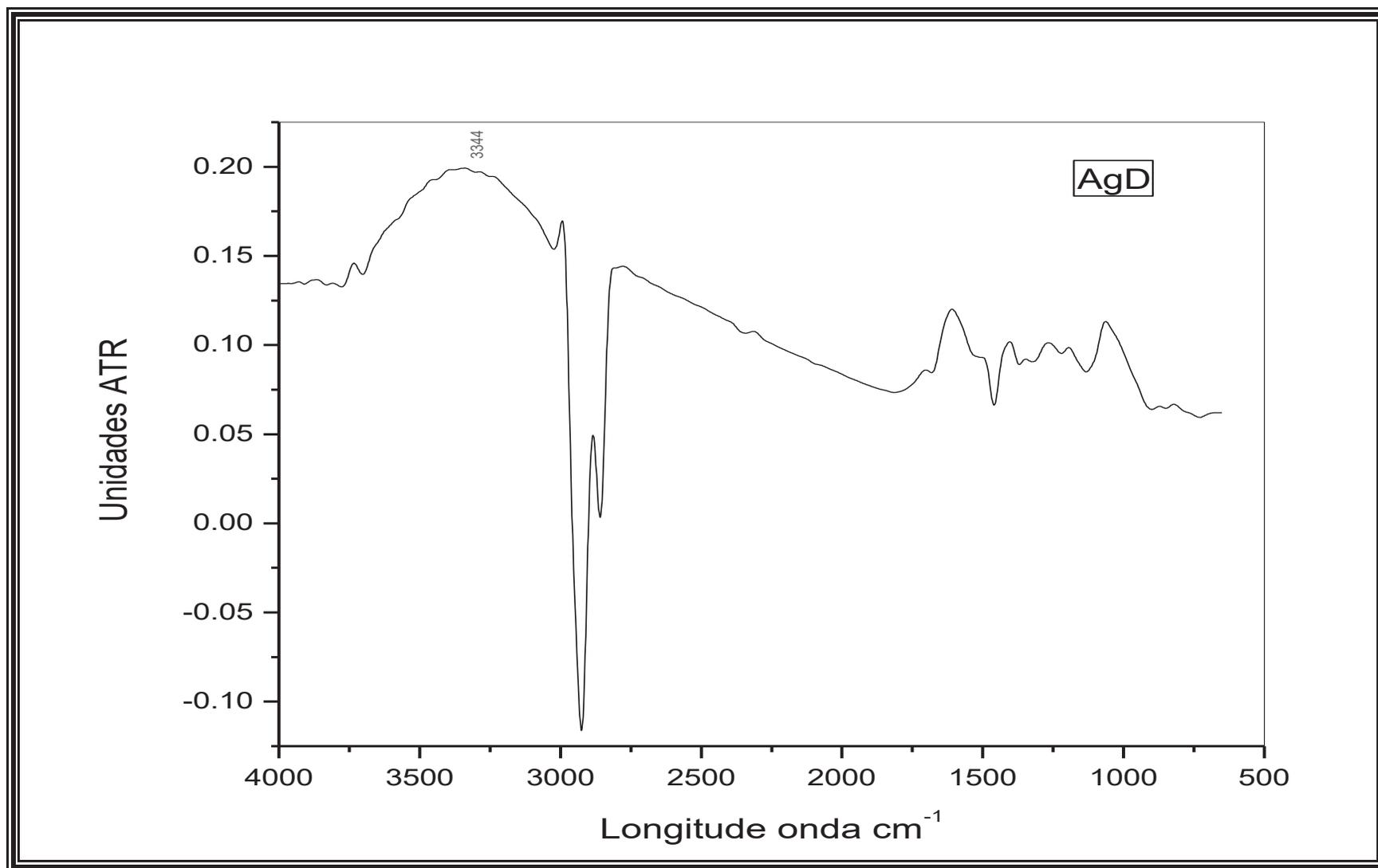


Figura 35. FTIR de la fracción acuosa de duramen resultante después de la separación con los solventes orgánicos

Como se puede observar en las Figuras 34 y 35, las fracciones acuosas resultantes de la extracción sucesiva con solventes orgánicos de creciente polaridad de corteza y de duramen muestran mucha semejanza, lo cual permite afirmar que los compuestos contenidos en estos extractos son similares.

También se observa que las gráficas presentadas en las Figuras 33 y 35 prácticamente son idénticas que permite afirmar, que también los compuestos contenidos en estas fracciones (extracto de agua de duramen y de butanol de duramen) son similares. Las gráficas presentadas en las Figuras 33-35, que representan fracción de butanol de duramen y fracción acuosa de duramen y de corteza presenta las mismas señales, con el espectro infrarrojo de morina (Lock Sing de Ugaz, 1997) que es un flavonoide – colorante natural de color amarillo que tiene códigos C.I. Natural Yellow 8 y 10 y C.I. 75660. La semejanza de espectros de infrarrojo, la estructura de morina que es un flavonoide altamente hidroxilado y por esto puede encontrarse en la fracción de solventes polares y también por ser colorante de color amarillo, se puede proponerse su presencia en nuestro extracto.

### 8.5.3. Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear.

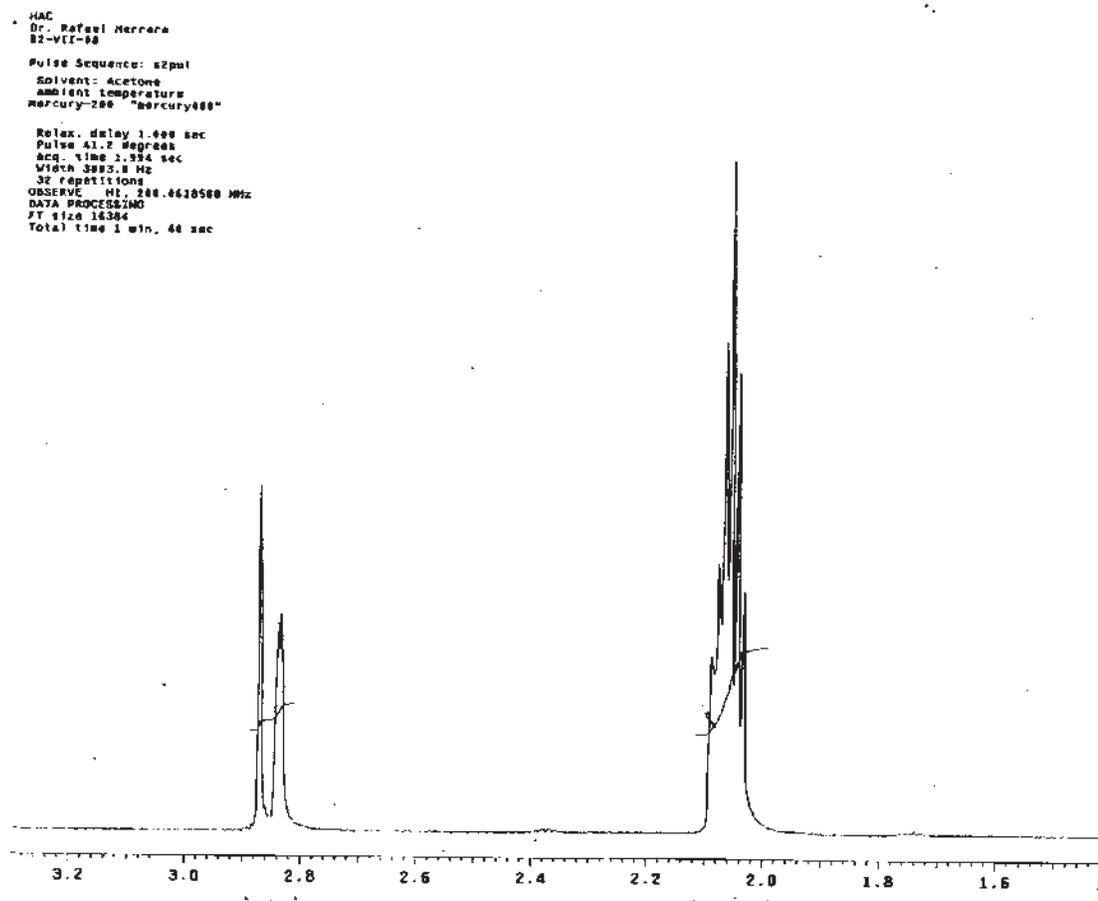


Fig. 36. Gráfica de Resonancia Magnética Nuclear de hidrógeno de extracto hexánico de albura.

En la Figura 36 se pueden observar las señales características de mezcla de ácidos grasos. Lo cual corrobora la presencia de ácidos grasos determinados en la fracción hexánica corteza.

## 9. CONCLUSIONES

- Se estudió la composición química del extracto acuoso de la madera de *Mangifera indica* L (mango criollo), con la finalidad de contribuir al conocimiento científico y tecnológico de dicha especie.
- Se obtuvieron extractos acuosos de corteza, albura y duramen.
- Se hizo la separación de la solución acuosa con solventes orgánicos de polaridad creciente: con hexano, éter dietílico, acetato de etilo y butanol.
- Se analizaron fracciones obtenidas con cromatografía de gases acoplada a masas, Espectroscopia de IR, y con Resonancia Magnética Nuclear de hidrogeno.
- En base a discusión de resultados de análisis instrumental se considera que en el extracto hexanico de la corteza y de duramen están presentes ácidos grasos como tetradecanoico, oleico, hexadecanoico, octadecanoico, (estos coinciden con resultados reportados en la literatura (Núñez 2000), lignocerico o tetracosanoico y eicosanoico (La presencia de los últimos dos ácidos en la madera de *Mangifera indica* L. esta reportándose por primera vez en este trabajo).
- Los mayores constituyentes identificados en la fracción de hexano de la corteza por la GC-MS y FTIR corresponden a aceites esenciales como son  $\beta$ -elemeno, aromandreno, hinesol, ledol, además de  $\beta$ - eudesmol y  $\alpha$ -guaieno, en donde se puede advertir que la presencia de sequiterpenoides es mayor que los compuestos oxigenados.
- En base de comparación de espectros IR se puede proponer que en la fracción butanólica de duramen y en las fracciones acuosas de corteza y de duramen puede estar presente morina. (La presencia de morina en la madera de *Mangifera indica* L. esta reportándose por primera vez en este trabajo).

- En fracción etérica de corteza se considera que esta presente el beta-caroteno. (La presencia de beta-caroteno en la madera de *Mangifera indica* L. no fue reportada por otros autores).
- En extracto butanólico de la corteza se considera posible presencia de los esteres: metil éster de ácido gálico, propil éster de ácido gálico, propil éster de ácido benzoico, lo cual se confirmó por espectroscopía de masas y por FTIR, lo que coincide con los resultados reportados en la literatura (Núñez 2000).
- Basado en la espectroscopía de masas y de FTIR se puede afirmar que en la fracción etérica se encuentran varias flavonas altamente metoxiladas, dihidroxiflavonoles, así como en la fracción de agua también flavonas, flavonoles, dihidroxifavonoles.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Arogba S.S. 2000. Mango (*Mangifera indica* L) Kernel, Chromatographic Analysis of the Tannin, and Stability Study of the Associated Polyphenol Oxidase Activity. *J. of Food Composition and Analysis*. 13(2), p.149-156(8).
- Awe S. O., Olajide O. A., Oladiran O. O., Makinde J. M. 1998. Antiplasmodial and antipyretic screening of *Mangifera indica* extract. *Phytotherapy Research*. 12(6), p.437-438
- Báez Teresa M.I. 2006. Características anatómicas y de maquinado, de la madera de *Mangifera indica* L. (Mango criollo). *Tesis de licenciatura*. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. UMSNH. Morelia, Mich.
- Benítez R. R y J. L. Montesinos Lagos. 1988. Catalogo de Cien Especies Forestales de Honduras: Distribución, Propiedades y Usos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) Siguatepeque, Honduras. 216 pp.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. 1262 p.
- Cultivos de mango disponible en:  
[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/mango.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm) Consultada diciembre 2007.
- Enciclopedia de los Municipios de México Michoacán 1999. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán  
[http://www.emexico.gob.mx/work/EMM\\_1/Michoacan/Mpios/16012a.htm](http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16012a.htm)  
<http://www.eresmi.com/buenavista/gobierno.html>  
Consulta 21 de junio de 2009
- Fors, J. A. 1965. Maderas Cubanas. Tercera edición. INRA. La Habana, Cuba. 163pp.

- García Bacallao L., García Gómez L.V., Rojo Domínguez D.M., Sanchez Garcia E. 2001. Plantas con propiedades antioxidantes. *Rev. Cubana Invest. Biomed.* 20(3), p.231-235.
- García D., Delgado R., Ubeira F.M., Leiro J. 2002. Modulation of rat macrophage function by tje *Mangifera indica* L., extracts Vimang and mangiferin. *Int. Immunopharmacol.* 2(6), p.707-806.
- Garrido G., Delgado R., Lemus Y., et al. 2004. Protección against septic shock and supresión of tumor necrosis factor alpha and nitric oxide production on macrophages and microglia by a standar aqueous extract of *Mangifera Indica* (Vimang<sup>R</sup>) .Role of Mangiferin isolated from extract. *Pharmacological Research*, p.165-172.
- Garrido G., González D., Delporte C. et al. 2001. Analgesic and anti-inflammatory effects of *Mangifera indica* L. extract (Vimang). *Phytotherapy Research.* 15(1), p.18-21,
- Guevara García, M. et al. 2004. Uso etnomédico de la corteza de *Mangifera indica* L. en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* ISSN 1028-4796 *versión on-line*. Cuba.
- Hernández S.A. y F. C. M. Zacconi. 2008. Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. *Quim. Nova*, Vol. XY, No. 00, 1-4, 200. Argentina.
- Lemus Rodríguez Z, Hung Arbelo M, Chong Quesada A, Rodríguez Antomarchi M. Formulación de tabletas a partir del Extracto de *Mangifera indica* L (Vimang®. *MEDISAN* 2006; 10(4).  
[http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol10\\_4\\_06/san13406.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol10_4_06/san13406.htm)  
consulta Diciembre 2008.
- Lock Sing de Ugaz O. 1997. Colorantes naturales. Pontifica Universidad Católica del Peru, Fondo Editorial. 253pp.

- Makore N., Bodhankar S., Rangari V. 2001. Immunomodulatory activity of alcoholic extract of *Mangifera indica* L. in mice. *J. Ethnopharmacol.* 78(2-3), p.133-137.
- Martínez G., Delgado R., Perez G. et al. 2000. Evaluation of the in vitro antioxidant activity of *Mangifera indica* L. extract (Vimang). *Phytotherapy Research.* 14(6), p.424-427.
- Martínez Sánchez G., Candelario-Jalil E., Leon O.S. et al. 2001. *Mangifera indica* L. extract (QF808) reduces ischaemia-induced neuronal loss and oxidative damage in the gerbil brain. *Free Radical Research.* 35(5), p. 465-473,
- Mercadante A.Z, Rodríguez-Amaya D.B, Britton g. 1997. HPLC and Mass Spectrometric Analysis of Carotenoids from Mango. *J. Agric. Food Chem.* 45, 120–123 Liverpool.
- Niembro Rocas A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México naturales e introducidos. Limusa. México. 206pp.
- Núñez-Sellés AJ, 2005. Terapia antioxidante: mito o realidad. *Journal of the Brazilian Chemical Society.* La Habana Cuba. Print ISSN 0103-5053 [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532005000500004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532005000500004&script=sci_arttext)
- Núñez-Sellés AJ. Et al. 2000. Composiciones obtenidas a partir de *Mangifera indica* L. World Intellectual Property Organization . La Habana Cuba. publ. No.WO/2000/038699 <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2000038699&IA=CU1999000007&DISPLAY=STATUS>

- Ortega Escalona, F., Guerrero F., Carmona T. y Córdoba C. (s/f). Anatomía de la madera de veintiocho especies de Cosautlán de Carvajal, Veracruz. La madera y sus usos. Angiospermas arbóreas de México. Instituto sobre los Recursos Bióticos LACITEMA. Universidad Nacional Autónoma Metropolitana (Unidad Azcapotzalco). Departamento de materiales. México. 206pp.
- Parotta J.A., 2007. *Mangifera Indica* L., Anacardiaceae Familia del anacardo. <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Mangiferaindica.pdf> consulta 20 de mayo 2007
- Puravankara D., Boghra V., Sharma S. 2000. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). *J. of Science of Food and Agriculture*, 80(4), p. 522-526.
- Promafrut. 2008 Produccion de mango : mundial y nacional (mexico) <http://fitochapingo.blogspot.com/2008/10/mundial-de-mango-los-principales-pases.html> Consultada enero 2009
- Richter, H. G. and M. J. Dallwitz (2000 onwards) Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/wood/spanish/anamaind.htm>  
<http://www.biodiversity.uno.edu/delta/wood/spanish/index.htm>
- Romo de Vivar Romo A. 2006. *Química de la flora Mexicana. Investigaciones en el Instituto de Química UNAM*. Primera ed., México, DF
- Sagarpa 2007 [http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/mango\\_tdap.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/mango_tdap.pdf)  
Consulta 23 de mayo 2007
- Sánchez G.M., Re L., Giuliani A. et al. 2000. Protective effects of *Mangifera indica* L., extract, mangiferin and selected antioxidants against TPA-induced

biomolecules oxidation and peritoneal macrophage activation in mice. *Pharmacological Research*, 42(6), p. 565-573(9).

Schieber, A.; Berardini, N.; Carle, R. 2003. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Tommy Atkins') peels by high-performance liquid chromatography- electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 51, 5006-5011

Sudhakar, D. V.; Maini, S. B. 2000. Isolation and characterization of mango peel pectins. *J. Food Process. PreserV.* 24, 209-227.

TAPPI Test Methods (2000) TAPPI Press. Atlanta

Urquiza Marín H. 1992. Estudio de presión arterial y sueño de la rata con una mezcla de saponinas totales aisladas de la *Passiflora* sp. En: *Reunión de REPRONAMED*. Estado actual del estudio de plantas medicinales en México. México: p.55-60.

Yoosook C., Bunyaphatsara N., Boonyakiat Y., Kantasuk C. 2000. Anti-herpes simplex virus activities of crude water extracts of Thai medicinal plants. *Phytomedicine*. 6(6), p. 411-9,